



TUGAS AKHIR (RC14-1501)

**PERENCANAAN PERKUATAN TALUD PADA KASUS  
TANAH LONGSOR DI RSUD BALIKPAPAN  
MENGUNAKAN *GROUND ANCHOR* DAN *SOLDIER  
PILE***

MITA OCTAVENIA WIDYAWATI  
NRP. 3113 100 033

Dosen Pembimbing I  
Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, M. Sc, Ph.D.

Dosen Pembimbing II  
Musta'in Arif, ST., MT.

JURUSAN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017

*“Halaman ini sengaja dikosongkan ...”*



FINAL PROJECT (RC14-1501)

**SLOPE REINFORCEMENT PLANNING IN CASE OF  
LANDSLIDES AT RSUD BALIKPAPAN USING  
GROUND ANCHOR AND SOLDIER PILE**

MITA OCTAVENIA WIDYAWATI  
NRP. 3113 100 033

Academic Supervisor I  
Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, M.Sc, Ph.D.

Academic Supervisor II  
Musta'in Arif, ST., MT.

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
Faculty of Civil Engineering and Planning  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017

*“Halaman ini sengaja dikosongkan ...”*

**PERENCANAAN PERKUATAN TALUD PADA  
KASUS TANAH LONGSOR DI RSUD BALIKPAPAN  
MENGUNAKAN *GROUND ANCHOR*  
DAN *SOLDIER PILE***

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Bidang Studi Geoteknik  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**MITA OCTAVENIA WIDYAWATI**  
NRP. 3113 100 033

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1. Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, MT, ST, Ph.D. (Pembimbing I)

2. Musta'in Arif, ST., MT

(Pembimbing II)

**SURABAYA  
JANUARI, 2017**

*“Halaman ini sengaja dikosongkan ...”*

**PERENCANAAN PERKUATAN TALUD  
PADA KASUS TANAH LONGSOR DI RSUD  
BALIKPAPAN MENGGUNAKAN *GROUND ANCHOR*  
DAN *SOLDIER PILE***

**Nama Mahasiswa** : Mita Octavenia Widyawati  
**NRP** : 3113 100 033  
**Jurusan/Fakultas** : Teknik Sipil FTSP – ITS  
**Dosen Pembimbing** : Prof.Ir.Indrasurya B.Mochtar, M.Sc,Ph.D  
Musta'in Arif, ST., MT

**ABSTRAK**

*Topografi di wilayah Indonesia memiliki bentuk yang tidak rata, sehingga sangat rawan apabila dilakukan pembangunan infrastruktur di atasnya. Kondisi ini akan lebih berbahaya bagi konstruksi bangunan apabila disertai dengan intensitas hujan yang cukup tinggi. Karena pembangunan di Indonesia sebagian besar terletak pada topografi yang tidak rata dan intensitas hujan yang tinggi, tentunya akan menimbulkan berbagai macam masalah salah satunya adalah tanah longsor.*

*Kelongsoran yang terjadi pada proyek gedung RSUD Kota Balikpapan terjadi dua kali yang diakibatkan karena adanya pekerjaan land clearing disertai dengan hujan deras dalam jangka waktu yang relatif lama. Pada kelongsoran yang pertama, masalah tersebut telah diatasi dengan diberi perkuatan bored pile dan juga dilengkapi dengan pemasangan drainase horizontal pada permukaan tanah. Namun, terjadi kelongsoran baru pada bagian yang telah diperbaiki akibat adanya hujan dengan intensitas tinggi, padahal tanah asli di area tersebut cukup bagus yaitu lempung padat. Sebagai akibatnya, dinding bored pile pada bagian atas juga ikut ambruk membebani sisi gedung rumah sakit yang berdekatan.*

*Dari permasalahan tersebut, maka diperlukan studi dan perencanaan ulang perkuatan talud untuk mencegah terjadinya*

*kelongsoran baru. Beberapa masalah yang harus dipecahkan adalah:*  
a) *Bagaimana stabilitas talud di daerah RSUD Balikpapan.* b) *Mengapa masih terjadi kelongsoran setelah dilakukan perbaikan tanah dengan perkuatan bored pile.* c) *Bagaimana desain dari perkuatan Ground Anchor dan Soldier Pile yang paling ekonomis dan paling mungkin dilaksanakan di lapangan.*

*Hasil dari analisa yang dilakukan, menunjukkan bahwa kelongsoran terjadi karena kejadian sesungguhnya di lapangan tidak sama dengan asumsi yang ada. Asumsi yang lebih mendekati kenyataan di lapangan adalah asumsi soil behaving like sand. Dengan asumsi ini, ternyata 1 deret bored pile beton bertulang dengan diameter 80 cm tidak memenuhi syarat stabilitas. Dari beberapa alternatif perkuatan, yang paling memungkinkan untuk dilaksanakan di lapangan adalah konstruksi ground anchor karena sempitnya lahan yang tersedia sehingga tidak mungkin untuk mengoperasikan alat-alat besar. Selain itu perlu dipasang subdrain untuk menurunkan muka air tanah di lapangan. Untuk konstruksi ground anchor menggunakan subdrain, direncanakan panjang total 19 meter termasuk dengan panjang grouting 9 meter dan tensile load 55 ton, serta jarak antar ground anchor 2 meter. Sedangkan untuk konstruksi bored pile eksisting, dapat dimodifikasi sebagai konstruksi turap penahan tanah tambahan.*

***Kata kunci : Talud, Tanah Longsor, Stabilitas, Ground Anchor, Soldier Pile***



## **SLOPE REINFORCEMENT PLANNING IN CASE OF LANDSLIDES AT RSUD BALIKPAPAN USING SOLDIER PILE AND GROUND ANCHOR**

**Student Name** : Mita Octavenia Widyawati  
**NRP** : 3113 100 033  
**Major/Faculty** : Teknik Sipil FTSP – ITS  
**Under Supervision** : Prof.Ir.Indrasurya B.Mochtar, M.Sc,Ph.D  
Musta'in Arif, ST., MT

### **ABSTRACT**

*Topography of Indonesia has an uneven shape, so it is very vulnerable if infrastructure development is on top of it. These conditions are more dangerous for the construction when rainfall intensity is high enough. Due to construction in Indonesia in uneven topography and high rainfall intensity, it will cause many problems like a landslide.*

*Landslide that occurred in Balikpapan City Hospital building project that happened twice caused due to land clearing when heavy rain happened in a relatively long period of time. At first, the landslide problem has been resolved with bored pile reinforcement and the installation of horizontal drainage on the soil surface. However, there was a new landslide on the part that has been repaired due to high intensity rainfall, whereas the soil in that area is good enough like clay shale. So the bored pile wall at the top of, collapse and also weighed on the side of the building hospital.*

*Because of that, it is necessary to re-planning and studies of slope reinforcement to prevent a new landslide. Some of the problems to be solved are: a) How is the stability of the slope in the hospitals Balikpapan area. b) Why do landslide occurred after reinforcement slope of bored piles is given. c) How does the design of Ground Anchor and Soldier Pile and the most economical and the most likely to be implemented in the field.*

*The results of this analysis indicate that the landslide occurred because of the real events in the field is not equal to the assumptions*

*made. The assumption is closer to the reality on the ground is assuming behaving like sand. With this assumption, it turns out that bored pile with diameter of 80 cm is ineligible stability. Based on some alternative to be implemented on the ground, construction of ground anchors is the best reinforcement combination for slope stability because there was just a few land available so it is impossible to operate large equipment. And then it is necessary to use subdrain to lower the ground water level in the field. For construction using ground anchor and subdrain, planned that total length of ground anchor is 19 meters include with 9 meters a length of grouting and tensile load 55 tons, and the distance between ground anchors is 2 meters. Existing bored pile construction can be modified to be the construction of an additional plaster.*

***Keyword : Slope, Landslide, Stability, Ground Anchor, Soldier Pile***

## KATA PENGANTAR

*Assalamualaikum Wr. Wb.*

Alhamdulillah puji syukur kehadiran Allah SWT karena atas rahmat, taufiq, serta hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini tepat pada waktunya yang berjudul “PERENCANAAN PERKUATAN TALUD PADA KASUS TANAH LONGSOR DI RSUD BALIKPAPAN MENGGUNAKAN *GROUND ANCHOR* DAN *SOLDIER PILE*”.

Tugas Akhir ini diajukan sebagai persyaratan gelar kesarjanaan jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Penulis berharap Tugas Akhir ini dapat berguna bagi semua pihak dalam pengaplikasian ilmu dan teknologi dalam masyarakat. Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih terdapat kekurangan, untuk itu segala saran dan masukan sangat diharapkan.

Adapun dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini penulis memperoleh bantuan dan bimbingan serta banyak dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Papa Indera Widajanto dan Mama Ririn Ekowati, selaku orang tua penulis yang selalu memberikan motivasi untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini, serta Nadya Mirindra Novitasari selaku adik penulis yang sangat lucu.
2. Prof.Ir. Indrasurya B. Mochtar,MSc.PhD, dan Musta'in Arif ST.,MT. sebagai dosen pembimbing Tugas Akhir yang dengan sabar mencurahkan tenaga dan waktu dalam membimbing hingga terselesaikannya terselesaikannya Tugas akhir ini.
3. Prof. Ir. Noor Endah, MSc. PhD, Dr.Ir.Ria Asih Aryani Soemitro M.Eng, Prof. Herman Wahyudi, Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT, Ir. Suwarno, M.Eng, Putu Tantri Kumala Sari, ST., MT dan seluruh dosen geoteknik Jurusan Teknik Sipil ITS yang telah memberikan ilmu pengetahuan dan membukakan wawasan pengetahuan tentang geoteknik.

4. Segenap dosen dan karyawan jurusan Teknik Sipil ITS yang telah memberi ilmu pelajaran, kritik, dan masukan selama masa perkuliahan penulis.
5. Teman-teman jurusan Teknik Sipil ITS angkatan 2013 (S-56) yang telah memberi dukungan dan semangat selama masa perkuliahan penulis.
6. Teman-teman KIJIL (Nadya, Iput, Dian, Karim, Anin, dan Silvy), teman-teman BFC, dan Ahmad Lathief yang selalu menemani penulis serta memberikan warna, tawa, dan keceriaan dalam kegiatan-kegiatan bersama untuk menghilangkan kepenatan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
7. Semua pihak yang telah membantu yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Walaupun jauh dari sempurna, semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat dan menambah wawasan bagi rekan-rekan sedisiplin ilmu. Penulis juga memohon maaf atas kekurangan yang ada pada buku tugas akhir ini.

*Wassalamualaikum Wr. Wb.*

Surabaya, Januari 2017

Penulis

## DAFTAR ISI

|                                                             |          |
|-------------------------------------------------------------|----------|
| Halaman Judul .....                                         | i        |
| Lembar Pengesahan .....                                     | iii      |
| Abstrak .....                                               | iv       |
| Kata Pengantar .....                                        | viii     |
| Daftar Isi .....                                            | x        |
| Daftar Gambar .....                                         | xii      |
| Daftar Tabel .....                                          | xiv      |
| <b>BAB I .....</b>                                          | <b>1</b> |
| 1.1 Latar Belakang .....                                    | 1        |
| 1.2 Rumusan Masalah .....                                   | 5        |
| 1.3 Tujuan Tugas Akhir .....                                | 6        |
| 1.4 Manfaat Tugas Akhir .....                               | 6        |
| 1.5 Batasan Masalah .....                                   | 6        |
| <b>BAB II .....</b>                                         | <b>7</b> |
| 2.1 Jenis Tanah dan Perilakunya .....                       | 7        |
| 2.2 Faktor-faktor Penyebab Kelongsoran .....                | 8        |
| 2.3 Korelasi Data Tanah .....                               | 9        |
| 2.4 Analisis Stabilitas Talud .....                         | 10       |
| 2.4.1 Konsep Stabilitas Talud .....                         | 10       |
| 2.4.2 Metode Analisis Stabilitas Talud .....                | 12       |
| 2.4.3 Metode Analisis Bishop .....                          | 13       |
| 2.4.4 Analisis Stabilitas Talud dengan Geoslope .....       | 14       |
| 2.5 Tekanan Tanah Lateral .....                             | 15       |
| 2.5.1 Tekanan Lateral Aktif .....                           | 16       |
| 2.5.2 Tekanan Lateral Pasif .....                           | 16       |
| 2.6 Perencanaan Perkuatan dengan <i>Bored Pile</i> .....    | 17       |
| 2.7 Perencanaan Perkuatan dengan <i>Ground Anchor</i> ..... | 18       |
| 2.7.1 Komponen <i>Ground Anchor</i> .....                   | 18       |
| 2.7.2 Tipe-tipe <i>Ground Anchor</i> .....                  | 20       |
| 2.7.3 Metode <i>Ground Anchor</i> .....                     | 21       |
| 2.7.4 Perencanaan <i>Ground Anchor</i> .....                | 24       |
| 2.8 Perencanaan Perkuatan dengan <i>Soldier Pile</i> .....  | 27       |
| 2.9 Perencanaan Perkuatan Kombinasi .....                   | 30       |

|                                                            |     |
|------------------------------------------------------------|-----|
| BAB III.....                                               | 33  |
| 3.1 Diagram Alir Penyelesaian Tugas Akhir .....            | 33  |
| 3.2 Metodologi Pengerjaan Tugas Akhir .....                | 34  |
| 3.3 Jadwal Pengerjaan Tugas Akhir .....                    | 37  |
| BAB IV .....                                               | 39  |
| 4.1 Analisa Data Tanah.....                                | 39  |
| 4.1.1 Lokasi Data Tanah .....                              | 39  |
| 4.1.2 Penyelidikan Lapisan Tanah .....                     | 40  |
| 4.1.3 Data Tanah <i>Behaving Like Sand</i> .....           | 42  |
| 4.2 Analisa Stabilitas Talud.....                          | 43  |
| 4.2.1 Pemodelan Geometri Talud.....                        | 43  |
| 4.2.2 Analisa Kondisi Eksisting .....                      | 47  |
| 4.2.3 Analisa Perkuatan Eksisting.....                     | 53  |
| 4.3 Data Perkuatan Talud.....                              | 54  |
| 4.3.1 Data Bored Pile .....                                | 54  |
| 4.3.2 Data Soldier Pile .....                              | 55  |
| 4.3.3 Data Ground Anchor .....                             | 55  |
| 4.4 Perencanaan Perkuatan Tanpa Menggunakan Subdrain ..... | 56  |
| 4.4.1 Perencanaan Perkuatan <i>Soldier Pile</i> .....      | 56  |
| 4.4.2 Perencanaan Perkuatan <i>Ground Anchor</i> .....     | 66  |
| 4.4.3 Perencanaan Perkuatan Kombinasi .....                | 73  |
| 4.5 Perencanaan Perkuatan dengan Menggunakan Subdrain..... | 85  |
| 4.5.1 Perencanaan Subdrain .....                           | 85  |
| 4.5.2 Perencanaan Perkuatan <i>Soldier Pile</i> .....      | 85  |
| 4.5.3 Perencanaan Perkuatan <i>Ground Anchor</i> .....     | 95  |
| 4.5.4 Perencanaan Perkuatan Kombinasi .....                | 103 |
| 4.6 Perhitungan Biaya Alternatif Perkuatan .....           | 109 |
| 4.5.1 Analisa Biaya Subdrain.....                          | 109 |
| 4.5.1 Analisa Biaya <i>Soldier Pile</i> .....              | 109 |
| 4.5.1 Analisa Biaya <i>Ground Anchor</i> .....             | 110 |
| 4.5.1 Analisa Biaya Kombinasi.....                         | 111 |
| BAB V .....                                                | 113 |
| 5.1 Kesimpulan .....                                       | 113 |
| 5.2 Saran .....                                            | 114 |
| Daftar Pustaka .....                                       | 115 |

## DAFTAR GAMBAR

|             |                                                              |    |
|-------------|--------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 1.1  | Topografi Tanah RSUD Balikpapan .....                        | 1  |
| Gambar 1.2  | Lokasi Kelongsoran RSUD Balikpapan .....                     | 2  |
| Gambar 1.3  | Perkuatan <i>Bored Pile</i> yang Terkena Longsor .....       | 2  |
| Gambar 2.1  | Tabel korelasi data tanah Bowles .....                       | 9  |
| Gambar 2.2  | Kekuatan Geser Tanah .....                                   | 11 |
| Gambar 2.3  | Keseimbangan pada Bidang Miring .....                        | 11 |
| Gambar 2.4  | Sistem Gaya Suatu Elemen Menurut Bishop .....                | 13 |
| Gambar 2.5  | Harga ma untuk Persamaan Bishop .....                        | 14 |
| Gambar 2.6  | Jenis-jenis <i>Bored Pile</i> .....                          | 18 |
| Gambar 2.7  | Komponen <i>Ground Anchor</i> .....                          | 18 |
| Gambar 2.8  | Tipe-tipe <i>Ground Anchor</i> .....                         | 21 |
| Gambar 2.9  | Metode jangkar dengan tabung tekanan .....                   | 22 |
| Gambar 2.10 | Metode jangkar dengan inti yang dipancang .....              | 22 |
| Gambar 2.11 | Metode pelat jangkar .....                                   | 23 |
| Gambar 2.12 | Metode jangkar bagian bawah .....                            | 24 |
| Gambar 2.13 | Gaya yang bekerja pada kepala dan tubuh tiang .....          | 28 |
| Gambar 2.14 | Tekanan tanah granular soil pada <i>Soldier Pile</i> .....   | 29 |
| Gambar 2.15 | Kombinasi <i>Ground Anchor</i> dan <i>Soldier Pile</i> ..... | 30 |
| Gambar 2.16 | <i>Soldier Pile</i> berjangkar perletakan bebas .....        | 31 |
| Gambar 2.17 | Asumsi lendutan dan bidang momen .....                       | 32 |
| Gambar 2.18 | Distribusi tegangan Bloem dan Anderson .....                 | 32 |
| Gambar 3.1  | Diagram Alir Metodologi Tugas Akhir .....                    | 33 |
| Gambar 4.1  | Lokasi pengujian tes sondir .....                            | 39 |
| Gambar 4.2  | Lokasi kelongsoran RSUD Balikpapan .....                     | 40 |
| Gambar 4.3  | Hasil tes sondir .....                                       | 40 |
| Gambar 4.4  | Stratigrafi jenis lapisan tanah .....                        | 41 |
| Gambar 4.5  | Geometri talud untuk P1 .....                                | 44 |
| Gambar 4.6  | Geometri talud untuk P2 .....                                | 44 |
| Gambar 4.7  | Geometri talud untuk P3 .....                                | 45 |
| Gambar 4.8  | Geometri talud untuk P4 .....                                | 45 |
| Gambar 4.9  | Geometri talud untuk P5 .....                                | 46 |
| Gambar 4.10 | Geometri talud untuk P6 .....                                | 46 |

|             |                                                          |     |
|-------------|----------------------------------------------------------|-----|
| Gambar 4.11 | Bidang kelongsoran pada potongan 1 .....                 | 47  |
| Gambar 4.12 | <i>Safety factor</i> terkritis pada potongan 1 .....     | 47  |
| Gambar 4.13 | Bidang kelongsoran pada potongan 2 .....                 | 48  |
| Gambar 4.14 | <i>Safety factor</i> terkritis pada potongan 2 .....     | 48  |
| Gambar 4.15 | Bidang kelongsoran pada potongan 3 .....                 | 49  |
| Gambar 4.16 | <i>Safety factor</i> terkritis pada potongan 3 .....     | 49  |
| Gambar 4.17 | Bidang kelongsoran pada potongan 4 .....                 | 50  |
| Gambar 4.18 | <i>Safety factor</i> terkritis pada potongan 4 .....     | 50  |
| Gambar 4.19 | Bidang kelongsoran pada potongan 5 .....                 | 51  |
| Gambar 4.20 | <i>Safety factor</i> terkritis pada potongan 5 .....     | 51  |
| Gambar 4.21 | Bidang kelongsoran pada potongan 6 .....                 | 52  |
| Gambar 4.22 | <i>Safety factor</i> terkritis pada potongan 6 .....     | 52  |
| Gambar 4.23 | <i>Displacement</i> butiran tanah asli potongan 2 .....  | 53  |
| Gambar 4.24 | <i>Displacement behaving like sand</i> potongan 2 .....  | 54  |
| Gambar 4.25 | Diagram tekanan tanah <i>soldier pile</i> subdrain ..... | 60  |
| Gambar 4.26 | Diagram interaksi penulangan <i>soldier pile</i> .....   | 62  |
| Gambar 4.27 | Defleksi <i>Soldier Pile</i> .....                       | 64  |
| Gambar 4.28 | <i>Safety factor soldier pile</i> pada potongan 2 .....  | 64  |
| Gambar 4.29 | Bidang longsor dan rencana <i>anchor</i> .....           | 66  |
| Gambar 4.30 | Dimensi balok beton penahan .....                        | 70  |
| Gambar 4.31 | Gaya dan tegangan pada balok penahan .....               | 52  |
| Gambar 4.32 | <i>Safety factor ground anchor</i> pada potongan 2 ..... | 52  |
| Gambar 4.33 | Diagram tekanan kombinasi tanpa subdrain .....           | 78  |
| Gambar 4.34 | Diagram interaksi penulangan <i>soldier pile</i> .....   | 81  |
| Gambar 4.35 | Sketsa rencana lokasi pemasangan angkur .....            | 83  |
| Gambar 4.36 | <i>Safety factor</i> kombinasi .....                     | 84  |
| Gambar 4.37 | Rencana <i>Subdrain</i> .....                            | 85  |
| Gambar 4.38 | Diagram tekanan tanah <i>soldier pile</i> subdrain ..... | 90  |
| Gambar 4.39 | Diagram interaksi penulangan <i>soldier pile</i> .....   | 92  |
| Gambar 4.40 | Defleksi <i>Soldier Pile</i> .....                       | 94  |
| Gambar 4.41 | <i>Safety factor soldier pile</i> dengansubdrain .....   | 94  |
| Gambar 4.42 | Bidang longsor dan rencana pemasangan <i>anchor</i> ...  | 96  |
| Gambar 4.43 | Dimensi balok beton penahan .....                        | 99  |
| Gambar 4.44 | Gaya dan tegangan pada balok penahan .....               | 100 |
| Gambar 4.45 | <i>Safety factor ground anchor</i> .....                 | 102 |



## DAFTAR TABEL

|            |                                                               |     |
|------------|---------------------------------------------------------------|-----|
| Tabel 2.1  | Konsistensi tanah.....                                        | 9   |
| Tabel 2.2  | Metode analisis kestabilan talud .....                        | 12  |
| Tabel 2.3  | Harga N .....                                                 | 27  |
| Tabel 2.4  | Jenis tiang .....                                             | 27  |
| Tabel 2.5  | Hubungan $\phi$ dan D .....                                   | 29  |
| Tabel 4.1  | Rekapitulasi tes tanah .....                                  | 41  |
| Tabel 4.2  | Konsistensi tanah .....                                       | 42  |
| Tabel 4.3  | Data tanah <i>behaving like sand</i> .....                    | 43  |
| Tabel 4.4  | Rekapitulasi <i>safety factor</i> .....                       | 53  |
| Tabel 4.5  | Data perencanaan <i>soldier pile</i> .....                    | 56  |
| Tabel 4.6  | Gaya aktif turap <i>behaving like sand</i> .....              | 61  |
| Tabel 4.7  | Gaya pasif turap <i>behaving like sand</i> .....              | 61  |
| Tabel 4.8  | Data perencanaan turap kantilever .....                       | 74  |
| Tabel 4.9  | Gaya aktif <i>soldier pile</i> dan <i>ground anchor</i> ..... | 78  |
| Tabel 4.10 | Gaya pasif <i>soldier pile</i> dan <i>ground anchor</i> ..... | 79  |
| Tabel 4.11 | Data perencanaan <i>soldier pile</i> .....                    | 86  |
| Tabel 4.12 | Gaya aktif turap <i>behaving like sand</i> .....              | 90  |
| Tabel 4.13 | Gaya pasif turap <i>behaving like sand</i> .....              | 91  |
| Tabel 4.14 | Data perencanaan <i>soldier pile</i> .....                    | 103 |
| Tabel 4.15 | Gaya aktif turap <i>behaving like sand</i> .....              | 107 |
| Tabel 4.16 | Gaya pasif turap <i>behaving like sand</i> .....              | 108 |
| Tabel 4.17 | Biaya Subdrain .....                                          | 109 |
| Tabel 4.18 | Biaya <i>Soldier Pile</i> .....                               | 109 |
| Tabel 4.19 | Biaya <i>Ground Anchor</i> .....                              | 110 |
| Tabel 4.20 | Biaya Kombinasi <i>Soldier Pile Groun Anchor</i> .....        | 110 |

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

# **BAB I**





## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

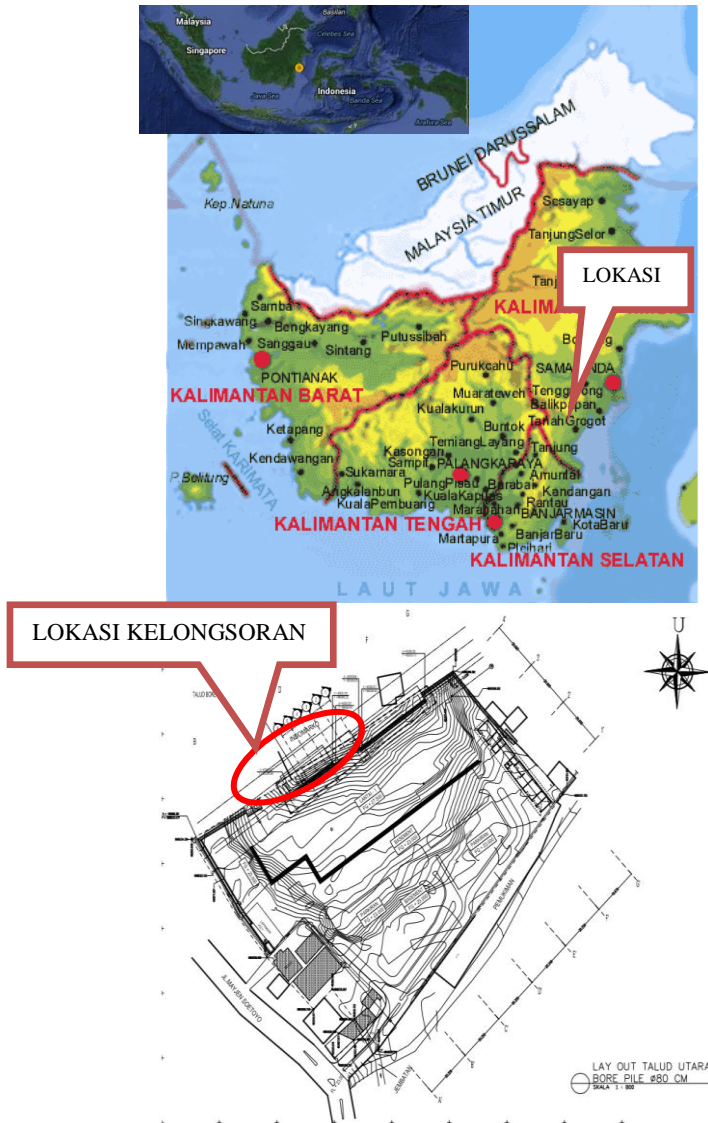
Topografi adalah studi tentang ciri fisik atau relief permukaan bumi yang ditunjukkan pada peta berbentuk garis kontur untuk menunjukkan elevasi suatu titik tertentu. Topografi di wilayah Indonesia bentuknya sangat bervariasi, antara lain yaitu terdapat banyak dataran tinggi, bukit, dan pegunungan yang memiliki ketinggian serta kemiringan yang berbeda beda. Dengan topografi yang tidak rata, sangat rawan apabila dilakukan pembangunan infrastruktur di atasnya. Kondisi ini akan lebih berbahaya bagi konstruksi jika disertai dengan intensitas hujan yang cukup tinggi mengingat wilayah Indonesia terletak pada daerah tropis. Karena pembangunan di Indonesia sebagian besar terletak pada topografi yang tidak rata dan intensitas hujan yang tinggi, tentunya akan menimbulkan berbagai macam masalah salah satunya adalah tanah longsor.

Seperti halnya di kota Balikpapan, mayoritas topografinya terdiri dari daerah berbukit-bukit dengan struktur tanahnya terdiri atas tanah podsolik merah kuning, tanah aluvial, dan pasir kwarsa. Di antara ketiga jenis tanah tersebut, jenis tanah podsolik merah kuning adalah yang paling mendominasi, dimana tanah ini bersifat labil dan pada umumnya memiliki tekstur kasar seperti lempung berpasir (Suharta dan Prasetyo 1986). Dengan karakteristik tanah seperti itu, maka tanah tersebut mudah longsor dan terkikis karena erosi apabila terjadi hujan dengan intensitas yang tinggi.

Salah satu peristiwa kelongsoran akibat ketidakstabilan tanah terjadi pada proyek gedung RSUD Kota Balikpapan yang memiliki topografi naik turun atau tidak rata (Gambar 1.1). Kelongsoran tersebut terjadi pada tebing di bagian sisi barat dari lokasi gedung RSUD Balikpapan (Gambar 1.2) serta terletak dekat dengan pemukiman penduduk dan kantor PT Indomarco.

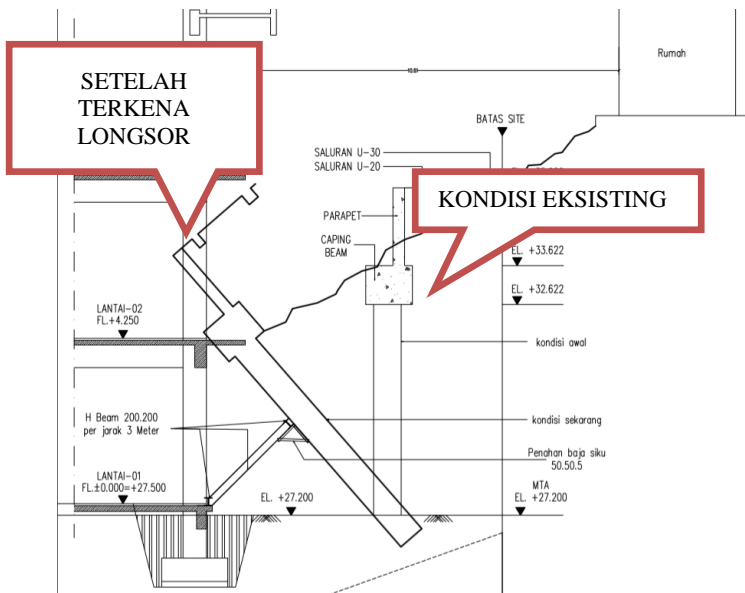
|                                                                                     |                        |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
|   | : Grs kontur int 0.5 m |
|  | : Patok Batas          |
|  | : Bench Mark           |
|  | : Grs Batas lokasi     |
|  | : J a l a n            |
|  | : Bangunan             |
|  | : Saluran / parit      |
|  | : Kolam                |

Gambar 1.1 Topografi Tanah RSUD Balikpapan  
Sumber: Data Sekunder



Gambar 1.2 Lokasi Kelongsoran RSUD Balikpapan  
Sumber: Data Sekunder

Kelongsoran pada RSUD Balikpapan diakibatkan karena adanya pekerjaan *land clearing* disertai dengan hujan deras dalam jangka waktu yang relatif lama. Pada awalnya, masalah kelongsoran tersebut telah diatasi dengan diberi perkuatan *bored pile* dan juga dilengkapi dengan pemasangan drainase horizontal pada permukaan tanah. Namun, pada jangka waktu kurang lebih 11 bulan berikutnya, terjadi kelongsoran baru pada bagian yang telah diperbaiki akibat adanya hujan dengan intensitas tinggi; sebagai akibatnya dinding *bored pile* pada bagian atas juga ikut ambruk membebani sisi gedung rumah sakit yang berdekatan (Gambar 1.3)



Gambar 1.3 Ilustrasi perkuatan *bored pile* yang terkena longsor  
Sumber: Data Sekunder

Oleh karena itu perlu dilakukan evaluasi dan desain perkuatan tanah yang baru mengingat bahwa lereng di RSUD Balikpapan termasuk tanah keras dan lereng tersebut memiliki kemiringan yang

sangat curam bahkan hampir tegak lurus terhadap bidang horizontal. Desain alternatif perkuatan perlu disesuaikan dengan kondisi tanah tersebut, karena pemilihan jenis perkuatan lereng yang salah akan menyebabkan kecenderungan longsor semakin besar. Untuk itu, jenis alternatif perkuatan tanah yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah *Ground Anchor* dan *Soldier Pile* karena dua jenis perkuatan tersebut paling tepat diberikan untuk tanah keras.

Dari permasalahan tersebut, maka diperlukan studi kasus dan perencanaan ulang perkuatan talud untuk mencegah terjadinya kelongsoran baru yang tentunya akan merugikan pihak rumah sakit apabila terdapat kerusakan pada bangunannya. Dengan analisis yang akan dilakukan, maka penyebab kelongsoran dan stabilitas lereng dapat diketahui sehingga jenis penanggulangan/ perkuatan yang tepat dapat digunakan secara efektif dan ekonomis.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka terdapat beberapa permasalahan yang akan dibahas dalam tugas akhir ini, antara lain:

- a. Bagaimana stabilitas talud di daerah RSUD Balikpapan?
- b. Mengapa masih terjadi kelongsoran setelah dilakukan perbaikan tanah dengan perkuatan *Bored Pile*?
- c. Untuk perkuatan *Ground Anchor*, berapakah panjang dan jumlah *ground anchor* yang dibutuhkan?
- d. Untuk perkuatan *Soldier Pile*, berapakah dimensi dan jumlah tiang yang dibutuhkan?
- e. Bagaimanakah desain dari kombinasi perkuatan *Ground Anchor* dan *Soldier Pile*?
- f. Dari alternatif perkuatan tersebut, manakah yang paling ekonomis dan paling mungkin dilaksanakan di lapangan?

## 1.3 Tujuan Tugas Akhir

Dari permasalahan di atas, adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penyusunan tugas akhir ini, antara lain untuk mengetahui stabilitas lereng di daerah RSUD Balikpapan dan untuk mengetahui

desain paling ekonomis dari *Ground Anchor* dan *Soldier Pile* yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah kelongsoran RSUD Balikpapan.

#### **1.4 Manfaat Tugas Akhir**

Tugas akhir ini diharapkan dapat memberikan gambaran tentang analisa stabilitas lereng pada RSUD Balikpapan serta perencanaan perkuatan tanah yang tepat untuk kondisi lereng tersebut. Apabila perencanaan perkuatan cocok, tentunya akan bermanfaat bagi pihak rumah sakit dan instansi pemerintah sehingga dapat mencegah terjadinya kelongsoran pada lereng.

#### **1.5 Batasan Masalah**

Batasan masalah tugas akhir ini antara lain:

- a. Data yang dipakai dalam tugas akhir ini adalah data sekunder.
- b. Tidak membahas sistem drainase lahan.
- c. Hanya meninjau potongan dengan *safety factor* terkritis.
- d. Metode pelaksanaan tidak diperhitungkan dalam segi biaya.
- e. Perhitungan analisa stabilitas lereng menggunakan program bantu GeoSlope.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Jenis Tanah dan Perilakunya**

Berdasarkan karakteristiknya, tanah dapat dikelompokkan menjadi dua jenis yaitu:

##### **A. Tanah tak berkohesi**

Kestabilan talud dari tanah ini ( $\phi > 0$ ,  $C=0$ ) dipengaruhi oleh tiga hal, yaitu :

- Sudut geser dalam ( $\phi$ )
- Kelandaian talud yang dinyatakan dengan sudut ( $\beta$ )
- Berat volume tanah ( $\gamma$ )

Dalam perencanaan kestabilan talud dari tanah tak berkohesi, ada beberapa sifat penting yang perlu diperhatikan, yaitu :

- Tanah tak berkohesi mudah tererosi oleh limpasan permukaan (*surface run off*), sehingga geometri talud mudah berubah.
- Tanah tak berkohesi yang jenuh air mempunyai potensi tinggi terhadap bahaya *liquefaction* (*Liquefaction* atau Likuifaksi adalah fenomena di mana kekuatan dan kekakuan tanah berkurang dikarenakan pergerakan tanah).
- Tanah tak berkohesi yang kering mudah mengalami penurunan bila terkena beban siklik (vibrasi).

##### **B. Tanah Berkohesi**

Kestabilan talud dari tanah ini dipengaruhi oleh beberapa hal yaitu :

- Kekuatan geser yang dinyatakan dalam ( $\phi$ ) dan ( $C$ )
- Kelandaian talud yang dinyatakan dengan sudut ( $\beta$ )
- Tinggi talud ( $H$ )
- Berat volume tanah ( $\gamma$ )
- Tekanan air pori tanah.

## 2.2 Faktor – faktor Penyebab Kelongsoran

Tanah mempunyai sifat-sifat fisik seperti berat jenis, sudut geser, dan kohesi yang sangat berperan dalam menentukan kekuatan tanah dan juga mempengaruhi stabilitas talud. Stabilitas talud merupakan suatu faktor yang sangat penting dalam pekerjaan yang berhubungan dengan penggalian dan penimbunan tanah. Faktor – faktor penyebab ketidakstabilan talud dapat dibagi menjadi dua kelompok besar (Terzaghi), antara lain :

### 1. Faktor Pengaruh Luar (Eksternal)

Faktor eksternal terjadi akibat meningkatnya tegangan geser yang terjadi pada tanah sehingga *Safety Factor*-nya menurun ( $SF < 1$ ). Hal ini disebabkan karena faktor – faktor sebagai berikut:

- Kaki talud tererosi oleh aliran sungai atau air hujan.
- Adanya kegiatan galian pada talud.
- Air hujan yang tertahan di atas talud.
- Berat akibat timbunan tanah pada talud.
- Berat bangunan di atas talud.
- Perubahan geometri talud akibat pergerakan tektonik dan gempa bumi.

### 2. Faktor Pengaruh Dalam (Internal)

Faktor internal terjadi akibat penurunan kekuatan geser tanah, penyebabnya antara lain:

- Peningkatan kadar air yang terjadi pada tanah lempung.
- Struktur geologi dan keadaan geometri talud.
- Absorpsi oleh mineral lempung yang diikuti oleh penurunan harga kohesi tanah.
- Penyusutan tanah lempung yang dapat menimbulkan retak susut.
- Perubahan berat volume dan tekanan air pori tanah.

## 2.3 Korelasi Data Tanah

Apabila data tanah yang diperlukan belum lengkap, dapat menggunakan tabel korelasi data tanah menurut Bowles dan Mochtar seperti yang terlihat pada Gambar 2.1 dan Tabel 2.1 di bawah ini:

|                               | <i>Cohesionless Soil/Sol Pulvérulent</i> |            |         |          |            |
|-------------------------------|------------------------------------------|------------|---------|----------|------------|
|                               | 0 – 3                                    | 4 – 10     | 11 – 30 | 31 – 50  | > 50       |
| N (blows)                     | -                                        | 12 – 16    | 14 – 18 | 16 – 20  | 18 – 23    |
| $\gamma$ (KN/m <sup>3</sup> ) | -                                        | 25 – 32    | 28 – 36 | 30 – 40  | > 35       |
| $\phi$ (°)                    | -                                        | Very Loose | Loose   | Medium   | Dense      |
| State                         | Very Loose                               | Loose      | Medium  | Dense    | Very Dense |
| Dr (%)                        | 0 – 15                                   | 15 – 35    | 35 – 65 | 65 – 85  | 85 – 100   |
|                               | <i>Cohesive Soil/Sol Cohérent</i>        |            |         |          |            |
|                               | < 4                                      | 4 – 6      | 6 – 15  | 16 – 25  | > 25       |
| N (blows)                     | < 4                                      | 4 – 6      | 6 – 15  | 16 – 25  | > 25       |
| $\gamma$ (KN/m <sup>3</sup> ) | 14 – 18                                  | 16 – 18    | 16 – 18 | 16 – 20  | > 20       |
| $q_u$ (kPa)                   | < 25                                     | 20 – 50    | 30 – 60 | 40 – 200 | > 100      |
| Consistency                   | Very Soft                                | Soft       | Medium  | Stiff    | Hard       |

Gambar 2.1 Tabel korelasi data tanah Bowles  
(Sumber: Buku Pondasi Dalam Herman Wahyudi)

Tabel 2.1 Konsistensi tanah untuk tanah dominan lempung  
(Sumber: Mochtar, 2012)

| Konsistensi tanah        | Taksiran harga kekuatan geser undrained, $C_u$ |                     | Taksiran harga SPT, harga N | Taksiran harga tahanan conus, $q_c$ (dari Sondir) |              |
|--------------------------|------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------|---------------------------------------------------|--------------|
|                          | kPa                                            | ton/ m <sup>2</sup> |                             | kg/cm <sup>2</sup>                                | kPa          |
| Sangat lunak (very soft) | 0 – 12.5                                       | 0 – 1.25            | 0 – 2.5                     | 0 – 10                                            | 0 – 1000     |
| Lunak (soft)             | 12.5 – 25                                      | 1.25 – 2.5          | 2.5 – 5                     | 10 – 20                                           | 1000–2000    |
| Menengah (medium)        | 25 – 50                                        | 2.5 – 5.            | 5 – 10                      | 20– 40                                            | 2000 –4000   |
| Kaku (stiff)             | 50 – 100                                       | 5.0 – 10.           | 10 – 20                     | 40 –75                                            | 4000 – 7500  |
| Sangat kaku (very stiff) | 100 – 200                                      | 10. – 20.           | 20 – 40                     | 75– 150                                           | 7500 – 15000 |
| Keras (hard)             | > 200                                          | > 20.               | > 40                        | > 150                                             | > 15000      |

## 2.4 Analisis Stabilitas Talud

### 2.4.1 Konsep Stabilitas Talud

Talud adalah suatu permukaan tanah yang miring dan membentuk sudut tertentu terhadap suatu bidang horisontal. Perbedaan elevasi pada talud dapat mengakibatkan pergerakan massa tanah dari elevasi yang tinggi menuju elevasi yang lebih rendah. Pergerakan massa tanah ini diakibatkan oleh gravitasi, air, dan gaya gempa. Pergerakan atau gaya tersebut akan menghasilkan tegangan geser yang berfungsi sebagai gaya penahan dan berat massa tanah bekerja sebagai gaya pendorong. Apabila berat massa tanah itu lebih besar daripada tegangan geser, maka akan mengakibatkan kelongsoran.

Kelongsoran sendiri terjadi karena stabilitas talud rendah, dimana terjadi pergerakan tanah untuk mencari keseimbangan atau kestabilan karena terjadinya penambahan tegangan geser yang lebih besar daripada kuat geser talud tersebut. Maka dari itu perlu dilakukan analisis stabilitas talud untuk menentukan faktor keamanan dari bidang longsor tersebut.

Selain itu, salah satu tujuan dari dilakukannya analisis stabilitas talud adalah untuk mengetahui kekuatan geser tanah/batuan. Keruntuhan geser (*shear failure*) pada tanah/batuan terjadi akibat gerak relatif antar butirnya. Oleh sebab itu kekuatan geser tanah (Gambar 2.1) tergantung pada gaya yang bekerja antar butirnya. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa kekuatan geser terdiri atas:

- (1) Bagian yang bersifat kohesi, tergantung pada macam tanah/batuan dan ikatan butirnya.
- (2) Bagian yang bersifat gesekan, yang sebanding dengan tegangan efektif pada bidang geser.

Kekuatan geser tanah dapat dinyatakan dalam rumus :

$$S = c' + (\sigma - u) \tan \phi' \quad (2.1)$$

dimana:

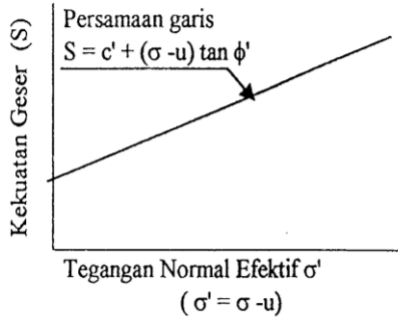
$S$  = Kekuatan geser

$\sigma$  = Tegangan total pada bidang geser

$u$  = Tegangan air pori

$c'$  = Kohesi efektif

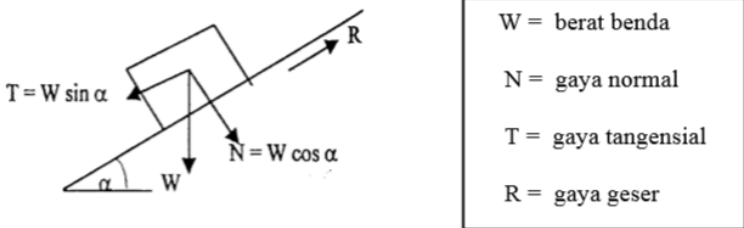
$\phi'$  = Sudut geser dalam efektif



Gambar 2.2 Kekuatan Geser Tanah

(Sumber: Buku Petunjuk Teknis Perencanaan dan Penanganan Kelongsoran Direktorat Jenderal Bina Marga)

Analisis dasar stabilitas talud didasarkan pada mekanisme gerak suatu benda yang terletak pada bidang miring seperti pada Gambar 2.2.



Gambar 2.3 Keseimbangan pada Bidang Miring

(Sumber: Buku Petunjuk Teknis Perencanaan dan Penanganan Kelongsoran Direktorat Jenderal Bina Marga)

Pada Gambar 2.2 terlihat bahwa yang akan longsor adalah  $T$ , sedangkan gaya yang melawan longsor adalah  $R$  yakni gaya geser yang terjadi antara berat benda  $W$  dengan bidang miring, sehingga dengan demikian dapat dikatakan :

$R/T < 1$  Benda akan bergerak

$R/T = 1$  Benda dalam keadaan seimbang

$R/T > 1$  Benda akan diam

### 2.4.2 Metode Analisis Stabilitas Talud

Secara garis besar, metode analisis stabilitas talud dapat dibagi menjadi tiga kelompok (Tabel 2.1) yaitu : (1) Hasil pengamatan visual, (2) Hasil komputasi, dan (3) Penggunaan grafik.

Tabel 2.1 Metode Analisis Kestabilan Talud

(Sumber: Buku Petunjuk Teknis Perencanaan dan Penanganan Kelongoran Direktorat Jenderal Bina Marga)

| No.  | Analisis                      | Cara                                             | Bidang Longsor (*)  | Tanah (**)       | Batu (**)        | Keterbatasan                                                                                                |
|------|-------------------------------|--------------------------------------------------|---------------------|------------------|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| I.   | Berdasarkan pengamatan Visual | Membandingkan kestabilan lereng yang ada         | L,P,B               | o                | o                | 1. Kurang teliti<br>2. Tergantung pengalaman seseorang<br>3. Disarankan untuk dipakai bila tidak ada resiko |
| II.  | Menggunakan Komputasi         | Fellenius<br>Bishop<br>Janbu                     | L<br>L,P,B<br>L,P,B | o<br>o<br>-      | -<br>o<br>-      |                                                                                                             |
| III. | Menggunakan Grafik            | - Cousin<br>- Janbu<br>- Duncan<br>- Hock & Bray | L<br>L<br>P<br>P,B  | o<br>o<br>o<br>- | -<br>o<br>o<br>o | 1. Material homogen<br>2. Umumnya Struktur sederhana                                                        |

Keterangan : (\*) L = Lingkaran

P = Planar

B = Baji

(\*\* \*) o = digunakan

- = tidak digunakan

### 2.4.3 Metode Analisis Bishop

Cara analisa yang dibuat oleh A.W. Bishop (1955) menggunakan gaya yang bekerja pada tiap elemen (Gambar 2.3) dan memperhatikan persyaratan keseimbangan pada talud tersebut. *Safety factor* terhadap longsoran didefinisikan sebagai perbandingan antara kekuatan geser maksimum yang dimiliki tanah di bidang longsor (faktor penahan) dengan tahanan geser yang diperlukan untuk keseimbangan (faktor pendorong).

$$SF = \frac{(\text{faktor penahan})}{(\text{faktor pendorong})} \quad (2.2)$$

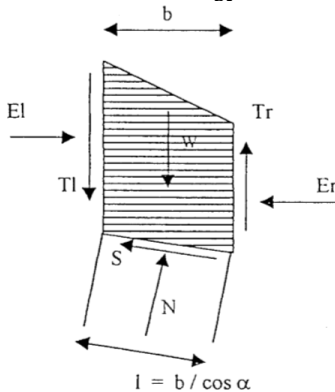
Bila kekuatan geser tanah adalah:

$$(\text{Faktor penahan}) = c' + (\sigma - u) \tan \phi'$$

$$= c' + \sigma' \tan \phi' \quad (2.3)$$

maka tahanan geser yang diperlukan untuk keseimbangan adalah:

$$(\text{Faktor pendorong}) = \frac{1}{SF} (c' + (\sigma - u) \tan \phi') \quad (2.4)$$



$W$  = berat tanah dan beban diatasnya  
yang lain bila ada

$$N = N' + ul$$

Dimana :

$N$  = Gaya normal total

$N'$  = Gaya normal efektif

$ul$  = Gaya akibat tekanan air  
pori

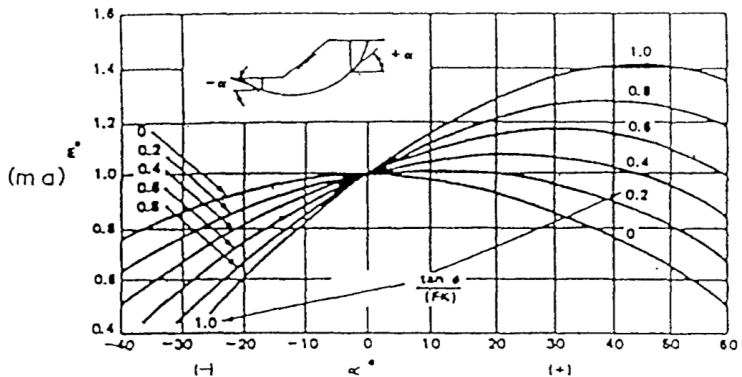
$u$  = Tekanan air pori yang  
bekerja didasar potongan  
sebesar  $W$

Gambar 2.4 Sistem Gaya pada Suatu Elemen Menurut Bishop  
(Sumber: Buku Petunjuk Teknis Perencanaan dan Penanganan  
Kelongsoran Direktorat Jenderal Bina Marga)

*Safety factor* dihitung berdasarkan rumus:

$$SF = \frac{\frac{1}{m.a} (c'b + (W - \mu b) \tan \phi)}{W \sin \alpha} \quad (2.5)$$

Harga  $m$  dapat ditentukan dari Gambar 2.4 dengan mencoba ulang (*trial and errors*) harga *safety factor* SF untuk mempercepat perhitungan. *Safety factor* menurut cara ini tidak sesuai dengan kenyataan yang ada karena terlalu besar apabila sudut negatif ( - ) di talud paling bawah mendekati  $30^\circ$ . Kondisi ini dapat terjadi apabila bidang longsor sangat dalam atau pusat rotasi berada dekat puncak talud. *Safety factor* yang didapat dari cara Bishop ini lebih besar dari yang didapat dengan cara Fellenius.



Gambar 2.5 Harga  $m$  untuk Persamaan Bishop  
(Sumber: Buku Petunjuk Teknis Perencanaan dan Penanganan  
Kelongsoran Direktorat Jenderal Bina Marga)

#### 2.4.4 Analisis Stabilitas Talud dengan Software GeoSlope

Software GeoSlope adalah program komputer yang khusus diciptakan untuk membantu proses analisa yang berhubungan dengan lingkup teknik sipil. Program GeoSlope biasa digunakan dalam perhitungan konstruksi yang berkaitan dengan geoteknik. Program GeoSlope terbagi atas 6 sub program, yaitu : Slope/w, Seep/w, Temp/w, Quake/w, Ctran/w dan Sigma/w.

Setiap subprogram memiliki fungsi yang berbeda. Program Slope/w dikhususkan untuk perhitungan kestabilan talud, program Seep/w dikhususkan untuk perhitungan yang berkaitan dengan air tanah, program Quake/w dikhususkan untuk perhitungan yang berkaitan dengan analisa gempa, program Ctran/w dikhususkan untuk



perhitungan yang berkaitan dengan analisis jalan raya dan transportasi, program Sigma/w dikhususkan untuk perhitungan yang berkaitan dengan permasalahan penurunan tanah. Dalam tugas akhir ini, jenis program GeoSlope yang digunakan adalah sub program Slope/w, yang dikhususkan untuk perhitungan perkuatan talud.

Slope/w adalah program yang menggunakan teori kesetimbangan batas untuk menghitung Safety factor talud. Program Slope/w menggunakan Ordinary (atau Fellenius) method, metode Bishop di sederhanakan, metode Janbu yang disederhanakan, metode Spenser, metode Morgenstern – Price, metode Corps of Engineers, metode Lowe – Karafiath, metode Generalized Limit Equilibrium(GLE).

Untuk menghitung Safety factor, slope/w menggunakan teori kesetimbangan batas dari gaya dan momen. Safety factor merupakan faktor dimana kekuatan geser tanah direduksi hingga massa tanah pada wilayah kelongsoran mencapai kesetimbangan batas.

## **2.5 Tekanan Tanah Lateral**

Dalam memperkirakan dan menghitung kestabilan konstruksi penahan tanah, diperlukan perhitungan tekanan lateral. Tekanan lateral terjadi karena massa tanah menerima beban akibat tegangan normal maupun berat kolom tanah. Hal ini menyebabkan terjadinya tekanan ke arah tegak lurus atau kearah samping. Besarnya tekanan tanah lateral sendiri sangat dipengaruhi oleh fisik tanah, sudut geser, dan kemiringan tanah terhadap bentuk struktur konstruksi penahan tanah.

Tekanan tanah lateral dibagi menjadi tekanan tanah dalam keadaan diam, tekanan tanah aktif, dan tekanan tanah pasif. Tekanan tanah dalam kondisi diam terjadi akibat massa tanah pada dinding penahan berada dalam kondisi seimbang. Tekanan tanah aktif merupakan tekanan yang berusaha untuk mendorong dinding penahan tersebut ke depan. Sementara tekanan tanah pasif merupakan tekanan yang berusaha mengimbangi tekanan tanah aktif.

### 2.5.1 Tekanan Lateral Aktif

Tekanan aktif merupakan tekanan yang mendorong dinding penahan tanah ke arah horizontal. Sementara dinding penahan tanah harus dalam keadaan seimbang dalam menahan tekanan arah horizontal. Tekanan ini dapat dievaluasi dengan menggunakan koefisien tanah  $K_a$ . Rumusan tekanan horizontal dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\sigma_a = K_a \cdot \gamma \cdot H \quad (2.6)$$

Harga  $K_a$ :

- Untuk tanah datar:

$$K_a = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} = \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \quad (2.7)$$

- Untuk tanah miring:

$$K_a = \left( \frac{\cos \phi}{1 + \sqrt{\frac{\sin \phi \sin (\phi - \alpha)}{\cos \alpha}}} \right)^2 \quad (2.8)$$

dimana:  $\phi$  = sudut geser tanah

$\alpha$  = kemiringan tanah

Selain itu, kohesi sebagai lekatan antara butiran tanah juga memiliki pengaruh mengurangi tekanan aktif tanah yaitu sebesar  $2c\sqrt{K_a}$ , sehingga perumusan menjadi:

$$\sigma_a = K_a \cdot \gamma \cdot H - 2c\sqrt{K_a} \quad (2.9)$$

### 2.5.2 Tekanan Lateral Pasif

Tekanan lateral pasif tanah merupakan tekanan yang melawan arah dari tekanan lateral aktif. Hal ini disebabkan oleh gaya yang mendorong dinding cencerung ke arah urugannya. Tekanan pasif menunjukkan nilai maksimum dari gaya yang dapat dikembangkan oleh tanah, yaitu gaya yang dibutuhkan untuk menahan dinding penahan tanah sebelum terjadi kegagalan.

Rumusan tekanan horizontal pasif dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\sigma_p = K_p \cdot \gamma \cdot H \quad (2.10)$$

Harga  $K_p$ :

- Untuk tanah datar adalah:

$$K_p = \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} = \tan^2 \left( 45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) = \frac{1}{K_a} \quad (2.11)$$

- Untuk tanah miring adalah:

$$K_p = \left( \frac{\cos \phi}{1 + \sqrt{\frac{\sin \phi \sin (\phi + \alpha)}{\cos \alpha}}} \right)^2 \quad (2.12)$$

dimana:  $\phi$  = sudut geser tanah  
 $\alpha$  = kemiringan tanah

Dalam kasus tekanan lateral pasif, kohesi (lekatan antar butiran tanah) mempunyai pengaruh memperbesar tekanan pasif tanah sebesar  $2c\sqrt{K_a}$ , sehingga perumusan menjadi:

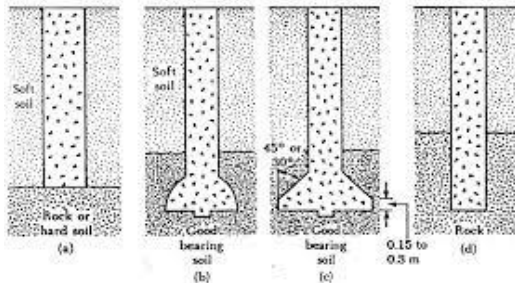
$$\sigma_p = K_p \cdot \gamma \cdot H + 2c\sqrt{K_p} \quad (2.13)$$

## 2.6 Perencanaan Perkuatan dengan *Bored Pile* (Eksisting)

*Bored pile* dipasang ke dalam tanah dengan cara mengebor tanah terlebih dahulu, baru kemudian diisi tulangan dan dicor beton. *Bored pile* biasanya dipakai pada tanah yang stabil dan kaku, sehingga memungkinkan untuk membentuk lubang yang stabil dengan alat bor. Jika tanah mengandung air, pipa besi dibutuhkan untuk menahan dinding lubang dan pipa ini ditarik ke atas pada waktu pengecoran beton. Pada tanah yang keras atau batuan lunak, dasar tiang dapat dibesarkan untuk menambah tahanan dukung ujung tiang (Gambar 2.7).

Ada berbagai jenis pondasi bored pile yaitu:

1. Bored pile lurus untuk tanah keras;
2. Bored pile yang ujungnya diperbesar berbentuk bel;
3. Bored pile yang ujungnya diperbesar berbentuk trapesium;
4. Bored pile lurus untuk tanah berbatu-batuan.

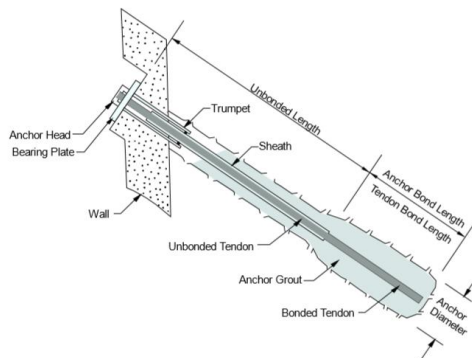


Gambar 2.6 Jenis-jenis *Bored Pile*  
(Braja M. Das, 1941)

## 2.7 Perencanaan Perkuatan dengan *Ground Anchor*

*Ground Anchor* memiliki bagian penting yang mengirimkan gaya tarik (*tensile force*) dari struktur utama ke tanah di sekitarnya. Kekuatan geser dari tanah digunakan untuk melawan gaya tarik tersebut serta untuk mengikat struktur *Ground Anchor* pada tanah. Struktur *Ground Anchor* biasanya terdiri dari baja tendon dengan kekuatan tinggi yang dipasang pada sudut kemiringan (inklinasi) tertentu dan pada kedalaman yang diperlukan untuk melawan beban yang ada.

### 2.7.1 Komponen *Ground Anchor*



Gambar 2.7 Komponen *Ground Anchor*  
(Sumber: *Geotechnical Engineering Circular 4 "Ground Anchors And Anchored Systems"*)

Komponen *ground anchor* pada Gambar 2.12 meliputi *unbonded length anchor* dan *bond length anchor*. *Bond length anchor* berfungsi sebagai pembungkus material tanah untuk memindahkan beban serta gaya tarik (*tensile force*) dari struktur ke tanah di sekitar jangkar. Sedangkan *unbonded length anchor* adalah bagian dari tendon yang tidak terikat dan bebas bergerak di dalam tanah serta terletak pada bagian atas *bond length anchor* dimana tidak ada gaya tarik yang dipindahkan ke tanah di. Selain itu komponen *ground anchor* juga terdiri dari tendon, yaitu bagian yang terbuat dari baja berkekuatan tinggi (*bar, wire* atau *strand*) yang dikelilingi *cement grout* (material semen untuk grouting).

Terdapat 9 faktor yang berperan penting dalam pemasangan *ground anchor* (Littlejohn dan Bruce, 1977; FHWA, 1982; BSI, 1989; Xanthakos, 1991; PTI, 1996; Wyllie, 1999; dalam *Rock Slope Engineering*), yaitu:

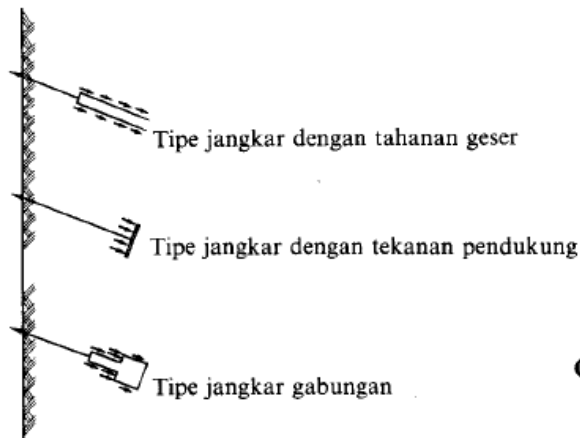
1. Pengeboran (*drilling*), menentukan besarnya diameter lubang bor dan panjang yang akan dibor di lapangan berdasarkan pada peralatan yang tersedia.
2. Material dan dimensi, memilih material dan dimensi *anchor* yang cocok dengan diameter lubang dan gaya *anchor* yang disyaratkan.
3. Korosi, memperkirakan tingkat korosi di lapangan dan mengaplikasikan perlindungan korosi yang sesuai dengan tingkat korosi pada *anchor*.
4. Tipe Pengikatan (*bond type*), memilih antara semen atau *grout* atau *mechanical anchor* untuk mengamankan bagian ujung *anchor* pada lubang.
5. Panjang ikatan (*bond length*), penentuannya berdasarkan tipe pengikatan, diameter lubang, tegangan *anchor*, dan kekuatan geser tanah.
6. Panjang total *anchor*, menghitung panjang total *anchor*, yang terdiri dari jumlah panjang ikatan dan panjang yang tidak terpengaruh tekanan. Panjang yang tidak terpengaruh tekanan harus lebih luar dari permukaan tanah sampai bagian atas zona pengikatan (*bond*

zone), dengan bagian atas dari zona pengikatan akan berada di bawah bidang longsor potensial.

7. Pola Anchor (*anchor pattern*), layout dari pola *anchor*, maka jarak pada permukaannya akan hampir sama dan akan menghasilkan gaya anchor yang telah disyaratkan.
8. Lubang bor yang tahan air (*waterproofing drill holes*), memastikan tidak ada diskontinuitas pada zona pengikatan yang dapat menyebabkan kebocoran *grouting*.
9. Pengetesan (*testing*), menyiapkan prosedur untuk pengetesan yang akan memeriksa jika panjang pengikatan dapat menahan dari beban yang didesain.

### **2.7.2 Tipe-tipe Ground Anchor**

1. Penjangkaran dengan tahanan geser. Jenis ini memakai batang jangkar yang silindris yang digROUT di dalam lubang bor dan gaya tarik ditimbulkan dari tahanan geser yang bekerja sekelilingnya.
2. Penjangkaran dengan plat pemikul. Jenis ini menggunakan suatu plat massif yang dipasang di dalam tanah sehingga tekanan tanah pasifnya yang bekerja dapat menahan gaya tarik.
3. Penjangkaran gabungan. Dimana ada bagian-bagian yang diperbesar dan tekanan pasif bersama-sama tahanan geser batangnya yang menahan gaya tarik, sehingga dapat disebut sebagai gabungan dari kedua metode terdahulu. Untuk membuat penjangkaran dengan diameter besar pembuatan lubangnya perlu menggunakan mata bor khusus atau semburan air bertekanan tinggi.



Gambar 2.8 Tipe-tipe *Ground Anchor*  
(Sumber: Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi, 2000)

Saat ini, yang paling sering dipergunakan adalah jenis 1. Sedangkan jenis 2 dan 3 dipergunakan apabila suatu lapisan tanah mempunyai tahanan geser yang tidak dapat diandalkan pada suatu kedalaman tertentu, atau lapisan yang lebih padat seperti mudstone terdapat pada kedalaman yang dangkal serta tahanan dapat diperoleh malahan dari pemboran yang dangkal saja.

### 2.7.3 Metode *Ground Anchor*

Beberapa metode penjangkaran yang dipakai pada saat ini diantaranya :

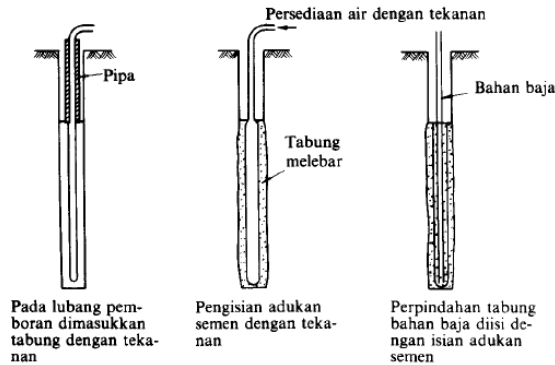
1. Metode penjangkaran dengan grouting

Setelah suatu batang baja atau kabel terpasang, dilaksanakan grouting dan batang jangkar ini dijangkar. Dipasang alat “packer” untuk menahan keluarnya aliran semen dari lubang.

2. Metode penjangkaran dengan tabung bertekanan

Metode dimana suatu tabung yang dapat mengembang dimasukkan ke dalam lubang hasil pemboran dan adukan mengisi bagian luar dari dinding tabung dan kemudian air bertekanan

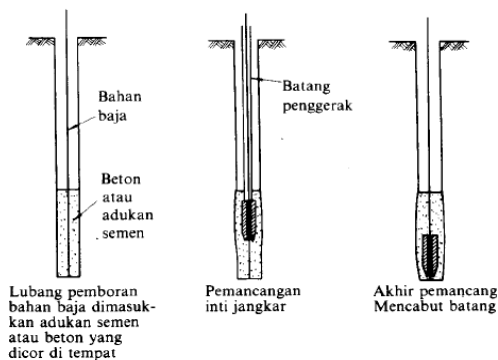
dimasukkan ke dalam tabung tersebut agar mengembang (Gambar 2.14).



Gambar 2.9 Metode jangkar dengan tabung tekanan  
(Sumber: Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi, 2000)

### 3. Metode penjangkaran dengan penekanan

Batang PC baja dimasukkan ke lubangnya dan adukan diisikan ke dalam dasar lubang, lalu beton bertulang yang berlubang tengahnya sebagai inti dari jangkar ini dengan batang baja tadi sebagai pengarahnya dipukul masuk kedalam adukannya untuk memperbesar dinding lubangnya.

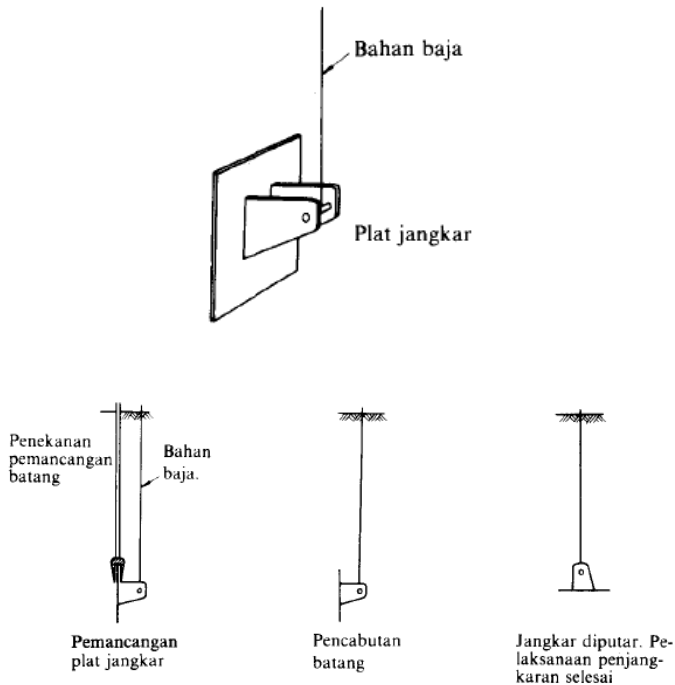


Gambar 2.10 Metode jangkar dengan inti yang dipancang  
(Sumber: Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi, 2000)



#### 4. Metode penjangkaran plat

Atau disebut metode penjangkaran mekanis terdiri dari batang baja dan bagian jangkar yang terbuat dari plat baja dan dimasukkan kedalam tanah dengan dipukul lalu ditarik sehingga plat memutar.

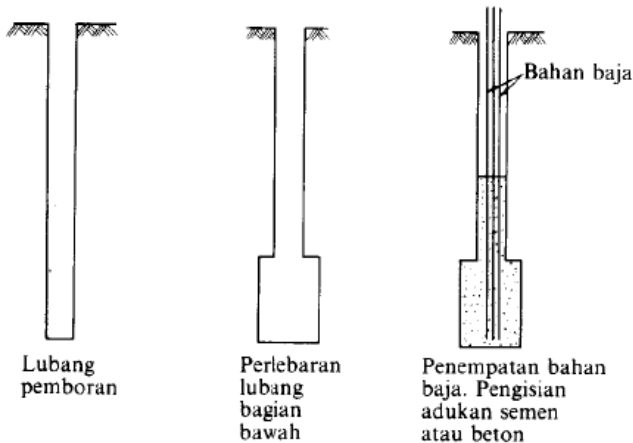


Gambar 2.11 Metode pelat jangkar

(Sumber: Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi, 2000)

#### 5. Metode jangkar dengan membesarkan bagian bawah

Setelah dibor dalam kedalam yang diperlukan, mata bor khusus digunakan untuk memperbesar bagian dasar lubang yang menambah tahanan cabut jangka tersebut seperti gambar 2.21



Gambar 2.12 Metode jangkar dengan membesarkan bagian bawah  
(Sumber: Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi, 2000)

#### 2.7.4 Perencanaan *Ground Anchor*

##### 1. Pengaturan letak *ground anchor*

Posisi, arah dan jarak antar *ground anchor* seharusnya ditentukan pertama pada saat perancangan.

- (1) *Ground anchor* harus dipasang dengan jarak minimal 2 m antar anchor.
- (2) Sudut pemasangan *anchor*  $10^\circ$  sampai  $-10^\circ$  dari arah horizontal.
- (3) Arah *anchor* parallel dengan arah keruntuhan tanah.
- (4) Jarak *anchor* ditentukan berdasarkan pengaruh antar *anchor*, yang ditinjau dari kekuatan *anchor*, diameter *anchor*, kedalaman, dan kekuatan geser tanah.

##### 2. Mencari gaya tahanan dan dorong

- Mencari  $\Delta MR$  yang akan dipikul oleh perkuatan *ground anchor*

Dalam mencari  $\Delta MR$  digunakan proram bantu *Geoslope* yang memiliki output berupa momen resisten dan *safety factor*.

$$M_{\text{dorong}} = \frac{M_{\text{resisten}}}{SF} \quad (2.14)$$

Dengan menggunakan rumus di atas, didapatkan nilai momen dorong yang selanjutnya dikalikan dengan SF rencana.

$$M_{\text{resisten rencana}} = M_{\text{dorong}} \times SF_{\text{rencana}} \quad (2.15)$$

Maka, didapatkanlah  $\Delta MR$  yang nantinya nilai  $\Delta MR$  tersebut akan dipakai sebagai nilai momen yang akan dipikul oleh perkuatan *ground anchor*.

$$\Delta MR = M_{\text{resisten rencana}} - M_{\text{resisten yang terjadi}} \quad (2.16)$$

- Mencari nilai  $T_{\text{max}}$  dari perkuatan *ground anchor*

$$T_{\text{max}} = N \tan \phi \quad (2.17)$$

Yang dimana nilai  $T_{\text{max}}$  adalah nilai maksimum yang dipikul oleh *anchor* itu sendiri, selanjutnya nilai  $T_{\text{max}}$  tersebut dikalikan dengan jari jari bidang longsor. Kemudian didapatkan nilai momen dari *anchor* yang nantinya dibandingkan dengan nilai  $\Delta MR$ .

$$\Delta MR = N \tan \phi \times R \quad (2.18)$$

$$N_{\text{anchor}} = \frac{\Delta MR}{R \times \tan \phi} \quad (2.19)$$

### 3. Perhitungan panjang *grouting*

Panjang *grouting* adalah panjang *ground anchor* yang menahan gaya *stressing* yang melewati garis bidang longsor. Perhitungan panjang *grouting* adalah sebagai berikut:

$$N \times SF = C \times \pi \times D \times L$$

$$L = \frac{N \times SF}{C \times \pi \times D} \quad (2.20)$$

Dimana,

N = Kekuatan tarik jangkar

C = Kekuatan geser

D = Diameter *grouting*

L = Panjang *grouting*

SF = 1,5 (konstruksi sementara) dan 2,5 (konstruksi permanen)

#### 4. Perhitungan balok beton penahan

Perhitungan balok beton penahan *ground anchor* menggunakan pondasi telapak bujur sangkar dengan rumus sebagai berikut:

$$q_{ult} = 1.2 C' N_{c'} + q N_{q'} + 0.4 \gamma' B N_{\gamma'} \quad (\text{Terzaghi}) \quad (2.21)$$

Keterangan:

$C'$  = Kohesi tanah,  $C' = C_u$  (kN/m<sup>2</sup>)

$q$  =  $\gamma' \times$  kedalaman pondasi (m)

$\gamma'$  = Berat volume efektif (kN/m<sup>3</sup>)

$B$  = Lebar pondasi (m)

$q_{ult}$  = Daya dukung ultimate (kN/m<sup>2</sup>)

$q_{ijin}$  =  $q_{ult}/SF$  (kN/m<sup>2</sup>)

SF = 2.5

$N_{c'}$ ,  $N_{q'}$  dan  $N_{\gamma'}$  = Faktor daya dukung

Tabel 2.5 Harga  $N_\gamma$ ,  $N_c$ ,  $N_q$  (Caquot dan Kerisel)  
(Sumber: Herman Wahyudi, 1999)

| $\phi^\circ$ | $N_c$  | $N_\gamma$ | $N_q$  |
|--------------|--------|------------|--------|
| 0            | 5,14   | 0          | 1,00   |
| 5            | 6,50   | 0,10       | 1,60   |
| 10           | 8,40   | 0,50       | 2,50   |
| 15           | 11,00  | 1,40       | 4,00   |
| 20           | 14,80  | 3,50       | 6,40   |
| 25           | 20,70  | 8,10       | 10,70  |
| 30           | 30,00  | 18,10      | 18,40  |
| 35           | 46,00  | 41,10      | 33,30  |
| 40           | 75,30  | 100,00     | 64,20  |
| 45           | 134,00 | 254,00     | 135,00 |

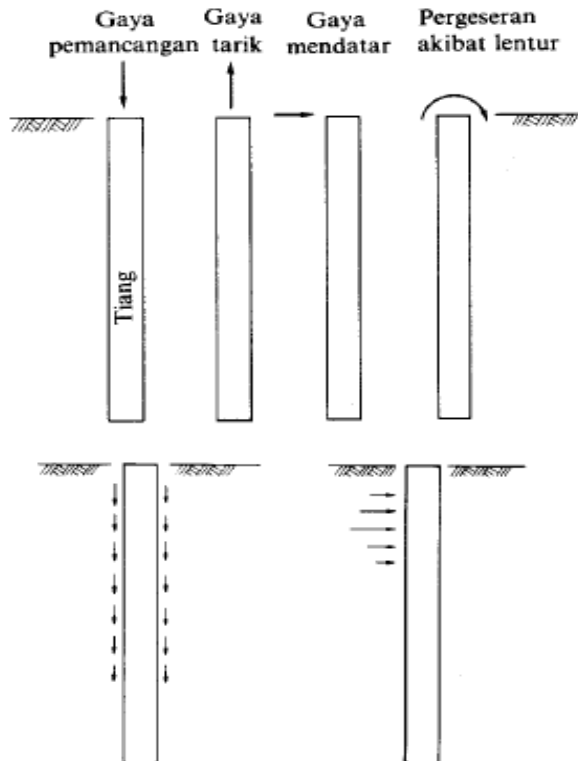
## 2.8 Perencanaan Perkuatan dengan *Soldier Pile*

*Soldier Pile* merupakan salah satu jenis pondasi tiang yang mampu menahan gaya orthogonal ke sumbu tiang dengan cara menyerap lenturan. Pondasi tiang digolongkan berdasarkan kualitas materialnya, cara pelaksanaan, pemakaian bahan-bahan, dan sebagainya (Tabel 2.5)

Tabel 2.6 Jenis-jenis tiang  
(Sumber: Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi, 2000)

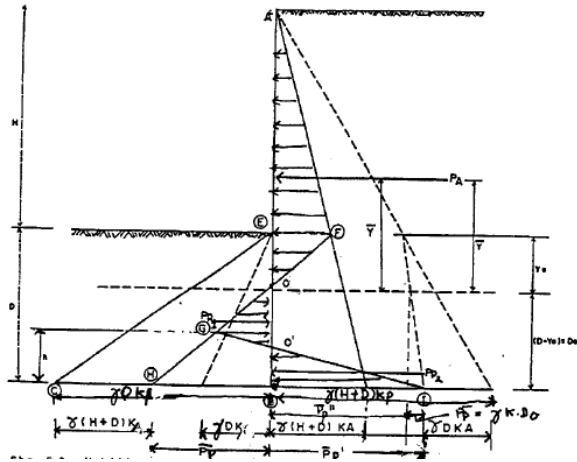
| Kualitas bahan | Nama tiang                             |                                                                                                                                      | Cara pembuatan                                                | Bentuk                             |
|----------------|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| Tiang baja     | Tiang pipa baja                        |                                                                                                                                      | Di sambung secara elektris, di arah datar, menggeliling       | Bulat                              |
|                | Tiang dengan flens lebar (Penampang H) |                                                                                                                                      | Diasah dalam keadaan panas, dilas                             | H                                  |
| Tiang beton    | Tiang beton Pracetak                   | Tiang beton bertulang pracetak                                                                                                       | · Diaduk dengan gaya sentrifugal<br>· Diaduk dengan penggetar | Bulat<br>Segitiga<br>Dan lain-lain |
|                |                                        | Tiang beton prategang pracetak                                                                                                       | · Sistim penarikan awal<br>· Sistim penarikan akhir           | Bulat                              |
|                | Tiang yang dicor di tempat             | Tiang alas<br>Tiang beton Raymond                                                                                                    | Sistim pemancangan                                            | Bulat                              |
|                |                                        | · Dengan menggoyangkan semua tabung pelindung<br>· Dengan membor tanah<br>· Dengan pemutar berlawanan arah<br>· Dengan pondasi dalam | Sistim pemboran                                               |                                    |

Umumnya gaya longitudinal, gaya orthogonal, serta momen lentur yang bekerja pada ujung tiang harus direncanakan sedemikian rupa sehingga daya dukung, tegangan, dan deformasi tiang akan lebih kecil daripada batas-batas yang diijinkan. Gaya luar yang bekerja pada kepala tiang seperti yang terlihat pada Gambar 2.14 adalah berat sendiri bangunan di atasnya, beban hidup, tekanan tanah, dan tekanan air. Sedangkan gaya luar yang bekerja langsung pada tubuh tiang (Gambar 2.15) adalah berat sendiri tiang serta gaya gesekan negatif dalam arah vertikal dan gaya horizontal akibat getaran ketika tiang tersebut melentur.



Gambar 2.13 Gaya yang bekerja pada kepala dan tubuh tiang  
(Sumber: Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi, 2000)

### 2.8.1 *Soldier Pile* pada Tanah Berbutir Kasar



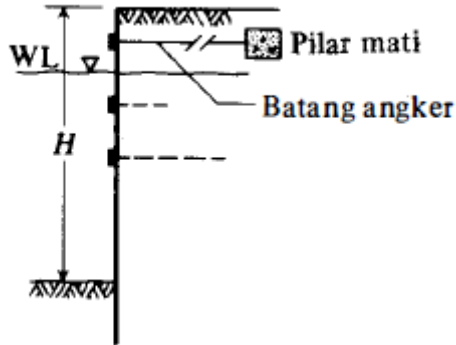
Gambar 2.14 Tekanan tanah granular soil pada *Soldier Pile*  
(Sumber: Rekayasa Pondasi I Konstruksi Penahan Tanah)

Untuk tanah tak berkohesi (tanah berbutir kasar) dan tanpa adanya tekanan residual atau tekanan hidrostatik, Henry memberikan suatu relasi antara  $\phi$  dan  $D$  sebagai berikut:

Tabel 2.7 Hubungan  $\phi$  dan  $D$  menurut Henry  
(Sumber: Rekayasa Pondasi I Konstruksi Penahan Tanah)

| $\phi$     | $D$     |
|------------|---------|
|            | $2,0 H$ |
| $25^\circ$ | $1,5 H$ |
| $30^\circ$ | $1,2 H$ |
| $35^\circ$ | $0,9 H$ |
| $40^\circ$ | $0,7 H$ |

## 2.9 Perencanaan Perkuatan dengan Kombinasi *Ground Anchor* dan *Soldier Pile*



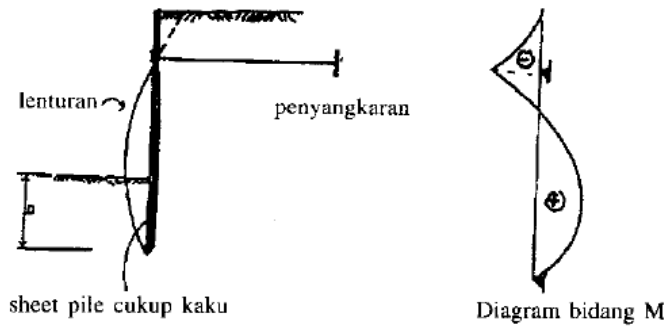
Gambar 2.15 Kombinasi *Ground Anchor* dan *Soldier Pile*  
(Sumber: Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi, 2000)

### 2.9.1 *Soldier Pile* Berjangkar dengan Perletakan Bebas

Asumsi yang diambil dalam perancangan dinding *soldier pile* dengan perletakan bebas adalah:

1. *Soldier pile* mempunyai kekuatan yang cukup baik dibandingkan dengan tanah sekelilingnya.
2. Tekanan tanah yang bekerja pada *Soldier Pile* dihitung berdasarkan teori Rankine atau Coulomb.
3. Tiang *Soldier Pile* berotasi pada jangkar, tetapi tidak diperkenankan terjadi pergerakan lateral.
4. Perletakan pada kedalaman  $D$  mempunyai momen = 0, hal ini berarti penetrasi dari *Soldier Pile* tidak cukup dalam.





Gambar 2.16 *Soldier Pile* berjangkar dengan perletakan bebas  
(Sumber: Rekayasa Pondasi I Konstruksi Penahan Tanah)

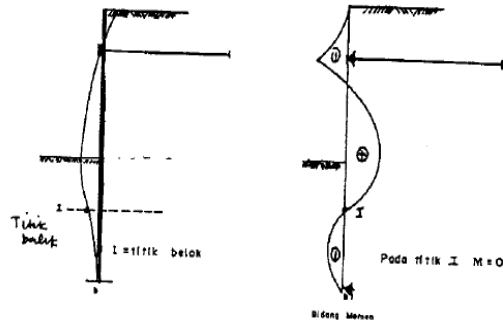
Untuk tanah berbutir kasar, angka keamanan yang digunakan adalah sebagai berikut:

Tabel 2.8 *Safety Factor* tiang berjangkar untuk tanah berbutir kasar  
(Sumber: Rekayasa Pondasi I Konstruksi Penahan Tanah)

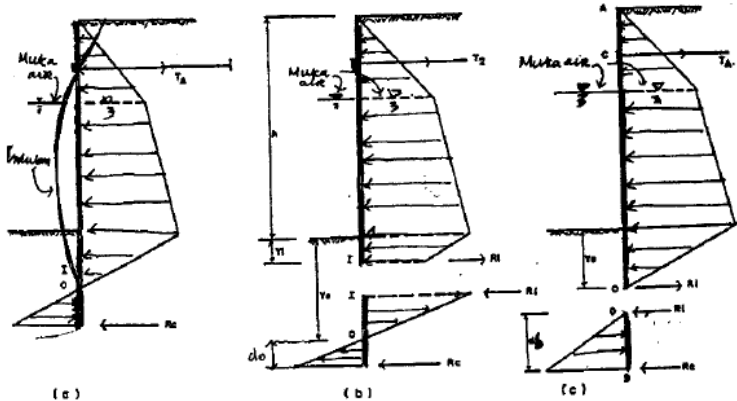
| Kedalaman<br>hasil perhitungan | Kedalaman<br>pelaksanaan                                                             | angka<br>keamanan         |
|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| D                              | $D\sqrt{2}$                                                                          | 1,7                       |
| D                              | Didapat dengan mere-<br>duksi nilai $K_p$ dengan<br>angka keamanan 2 sampai 3        | 2 sampai 3                |
| D                              | D (1,5 sampai 2)                                                                     | 1,5 sampai 2              |
| D                              | Didapat dengan mere-<br>duksi nilai $c$ tanah<br>dengan angka keamanan<br>1,5 s/d 2. | 1,5 sampai 2<br>1,5 s/d 2 |

### 2.9.2 *Soldier Pile* Berjangkar dengan Perletakan Jepit

Asumsi yang diambil dalam metode ini adalah penetrasi dari dinding *Soldier Pile* yang cukup dalam sehingga perletakan yang terjadi berfungsi sebagai jepit (Gambar 2.20)



Gambar 2.17 Asumsi lendutan dan bidang momen  
(Sumber: Rekayasa Pondasi I Konstruksi Penahan Tanah)

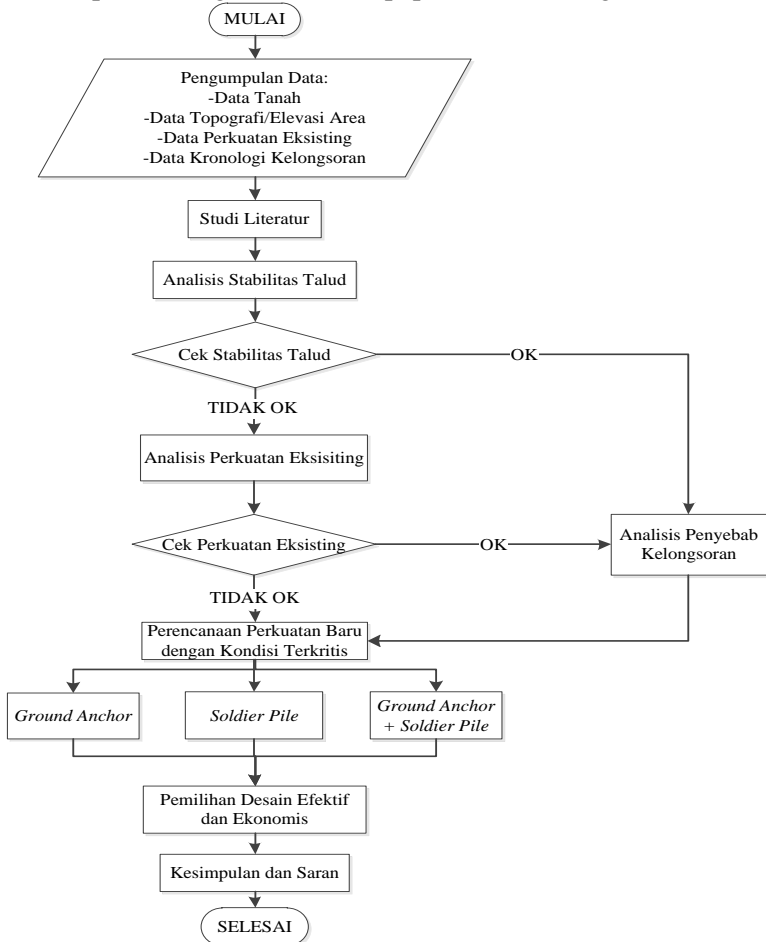


Gambar 2.18 Distribusi tegangan menurut Bloem dan Anderson  
(Sumber: Rekayasa Pondasi I Konstruksi Penahan Tanah)

## BAB III METODOLOGI

### 3.1 Diagram Alir Penyelesaian Tugas Akhir

Tahapan yang dilakukan dalam analisis stabilitas tanah dan perkuatan pada lereng RSUD Balikpapan adalah sebagai berikut:



Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi Tugas Akhir

### 3.2 Metodologi Pengerjaan Tugas Akhir

Dari diagram alur tersebut, metodologi yang dipakai dalam penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

#### 1. Pengumpulan Data Tugas Akhir

Mengumpulkan data tanah dan topografi/elevasi pada area kelongsoran serta data perencanaan perkuatan eksisting dan kronologis terjadinya kelongsoran yang didapat dari Laboratorium Mekanika Tanah ITS.

Data umum:

- a. Tipe Bangunan : Rumah Sakit
- b. Lokasi : Jl Mayjend Sutoyo no 30 Balikpapan, Kalimantan Timur
- c. Perkuatan Eksisting : *Bored pile* dari beton bertulang (diameter 80 cm)

Data tanah yang diperoleh dari area kelongsoran tersebut terdiri dari:

- a. Data tanah hasil tes sondir
- b. Data hasil uji bobot isi tanah
- c. Data gambar berupa layout, kontur, dan potongan/cross section kondisi eksisting

#### 2. Studi Literatur

Mencari studi literatur yang berkaitan dengan topik Tugas Akhir mengenai perkuatan talud menggunakan *Ground Anchor* dan *Soldier Pile*. Literatur yang digunakan adalah sebagai berikut:

- a. Terzaghi, K. and Peck R.B. 1967. *Soil Mechanics in Engineering Practice*, 2nd edition. Jakarta: Erlangga.
- b. Das, Braja M., (*translated by* Mochtar N.E, and Mochtar I.B.). 1985. Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknik) Jilid II. Jakarta: Erlangga.
- c. Sosrodarsono, S. and Nakazawa ,K., (*translated by* Taulu L.). 2000. Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi. Jakarta: Pradnya Paramita.

- d. Hadihardaja, J. 1997. Rekayasa Pondasi I Konstruksi Penahan Tanah: Gunadarma
- e. Wahyudi, Herman, 1999, Daya Dukung Pondasi Dalam. FTSP ITS, Surabaya
- f. Wahyudi, Herman, 1999, Daya Dukung Pondasi Dalam. FTSP ITS, Surabaya
- g. Direktorat Jenderal Bina Marga, 2012, Buku Petunjuk Teknis Perencanaan dan Penanganan Kelongsoran, Jakarta

### **3. Analisis Stabilitas Talud**

Perhitungan stabilitas talud menggunakan program bantu *Geoslope* dengan memasukkan data serta parameter tanah.

### **4. Analisis Perkuatan Eksisting**

Melakukan analisa perkuatan *bored pile* dari beton bertulang dengan diameter 80 cm yang telah terpasang .

### **5. Analisis Penyebab Kelongsoran**

Melakukan analisa penyebab kelongsoran.

### **6. Analisis Perkuatan Baru dengan Kondisi Terkritis**

Melakukan analisa perkuatan baru dengan kondisi terkritis (sesuai dengan kondisi lapangan) menggunakan *Ground Anchor* dan *Soldier Pile*.

- Perkuatan menggunakan *Ground Anchor*
  - Merencanakan jumlah *anchor* yang dibutuhkan.
  - Merencanakan panjang *anchor* yang dibutuhkan.
  - Menghitung kekuatan tarik dari *anchor*.
- Perkuatan menggunakan *Soldier Pile*
  - Menentukan dimensi *Soldier Pile* yang akan dipasang.
  - Merencanakan kedalaman *Soldier Pile* yang harus dipasang.
  - Menghitung jumlah tulangan yang dibutuhkan.
- Perkuatan menggunakan kombinasi *Ground Anchor* dan *Soldier Pile*

- Merencanakan desain kombinasi *Ground Anchor* dan *Soldier Pile*

## 7. Pemilihan Desain yang Efektif dan Ekonomis

Membandingkan desain perkuatan paling efektif dan ekonomis dengan pertimbangan:

- Biaya/harga
- Lama waktu pekerjaan
- Keamanan pada saat pelaksanaan

## 8. Kesimpulan dan Saran

Memberikan kesimpulan dan saran mengenai tugas akhir ini.

### 3.3 Jadwal Pengerjaan Tugas Akhir

Tabel 3.1 Jadwal Pengerjaan Tugas Akhir

| Nomor | Nama Pekerjaan                                     | September |   |   |   | Oktober |   |   |   | November |   |   |   | Desember |   |   |   |
|-------|----------------------------------------------------|-----------|---|---|---|---------|---|---|---|----------|---|---|---|----------|---|---|---|
|       |                                                    | 1         | 2 | 3 | 4 | 1       | 2 | 3 | 4 | 1        | 2 | 3 | 4 | 1        | 2 | 3 | 4 |
| 1     | Analisis Data Tanah                                |           |   |   |   |         |   |   |   |          |   |   |   |          |   |   |   |
| 2     | Studi Literatur                                    |           |   |   |   |         |   |   |   |          |   |   |   |          |   |   |   |
| 3     | Analisis Stabilitas Talud                          |           |   |   |   |         |   |   |   |          |   |   |   |          |   |   |   |
| 4     | Analisis Penyebab Kelongsoran                      |           |   |   |   |         |   |   |   |          |   |   |   |          |   |   |   |
| 5     | Analisis Perkuatan Eksisting                       |           |   |   |   |         |   |   |   |          |   |   |   |          |   |   |   |
| 7     | Perhitungan Perkuatan Ground Anchor                |           |   |   |   |         |   |   |   |          |   |   |   |          |   |   |   |
| 8     | Perhitungan Perkuatan Soldier Pile                 |           |   |   |   |         |   |   |   |          |   |   |   |          |   |   |   |
| 9     | Perhitungan Perkuatan Ground Anchor + Soldier Pile |           |   |   |   |         |   |   |   |          |   |   |   |          |   |   |   |
| 10    | Pemilihan Desain yang Efektif dan Ekonomis         |           |   |   |   |         |   |   |   |          |   |   |   |          |   |   |   |
| 11    | Kesimpulan dan Saran                               |           |   |   |   |         |   |   |   |          |   |   |   |          |   |   |   |

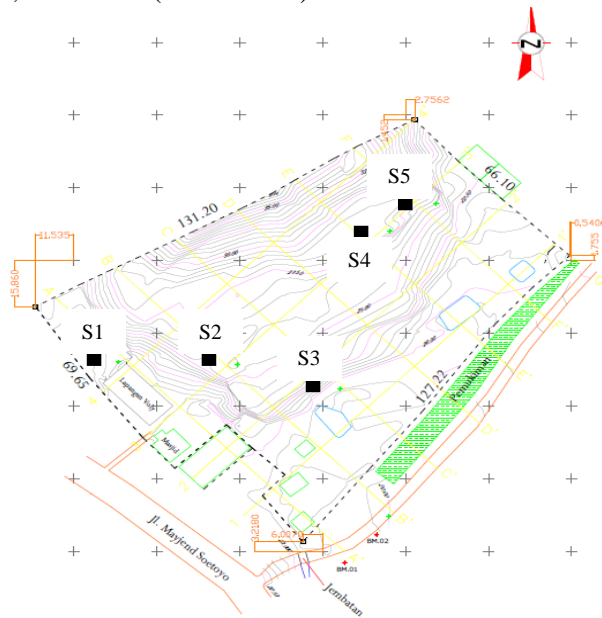
## BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Analisa Data Tanah

Data tanah yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah data hasil penyelidikan tanah pada proyek pembangunan gedung RSUD kota Balikpapan yang dilakukan oleh Politeknik Samarinda. Data tersebut berupa data hasil tes sondir, data pengujian di laboratorium (Lampiran 1), dan data topografi tanah (Lampiran 2).

#### 4.1.1 Lokasi Data Tanah

Lokasi pengujian data tanah berada pada koordinat 482987.5;9860312.5 untuk S1, 483023.3;9860310.8 untuk S2, 483060.7;9860306.3 untuk S3, 483071.2;9860359.4 untuk S4, dan 483082.6;9860369.1 (Gambar 4.1).



Gambar 4.1 Lokasi pengujian tes sondir

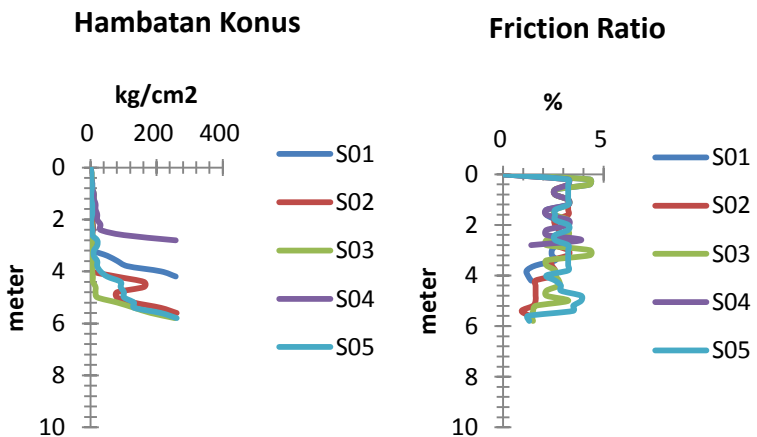
Berikut dapat dilihat area yang mengalami kelongsoran pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Lokasi kelongsoran RSUD Balikpapan

#### 4.1.2 Penyelidikan Lapisan Tanah

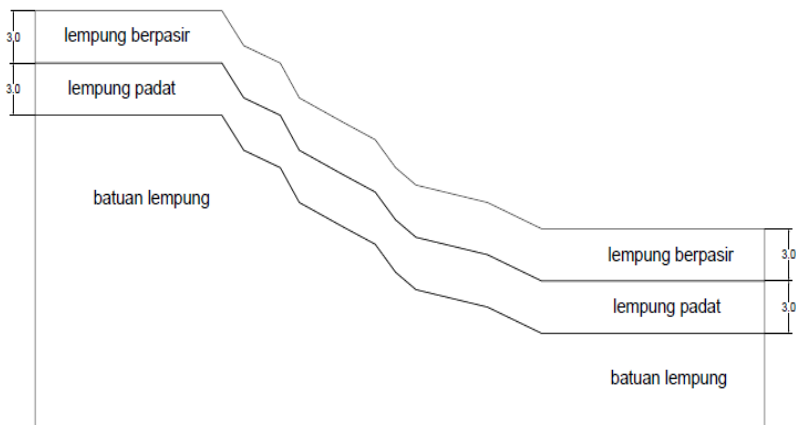
Hasil penyelidikan lapisan tanah berdasarkan uji sondir dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Hasil tes sondir



Karena penyelidikan lapisan tanah hanya diuji hingga kedalaman 6 m, maka untuk lapisan tanah dibawahnya diasumsikan sendiri seperti yang terlihat pada Gambar 4.4. Sedangkan untuk hasil uji laboratorium hanya didapat pada kedalaman 2 meter.



Gambar 4.4 Stratigrafi jenis lapisan tanah

Tabel 4.1 dibawah ini merupakan hasil rekapitulasi dari hasil tes sondir dan uji laboratorium di lokasi perencanaan.

Tabel 4.1 Rekapitulasi tes tanah

| Klasifikasi Tanah | Kedalaman | Qc<br>kg/cm <sup>2</sup> | γ (kN/m <sup>3</sup> ) |       | Strength |             |
|-------------------|-----------|--------------------------|------------------------|-------|----------|-------------|
|                   |           |                          | Sat                    | Unsat | ϕ°       | C'<br>(kPa) |
| Lempung Berpasir  | 0-3m      | 8                        | 18.2                   | 15.1  | 23       | 6           |
| Lempung Padat     | 3-6m      | 64                       | 16.4                   | 13.6  | 12       | 50          |
| Batuan Lempung    | 6-20m     | 258                      | 17.9                   | 14.8  | 20       | 100         |

Hasil rekapitulasi tes tanah pada kedalaman lebih dari 3 meter didapatkan dari hasil koreksi dan korelasi nilai N-SPT terhadap tanah kohesif seperti yang terlihat pada tabel 4.2 berikut:

Tabel 4.2 Konsistensi tanah (untuk tanah dominan lanau dan lempung)

| Konsistensi tanah        | Taksiran harga kekuatan geser undrained, $C_u$ |                     | Taksiran harga SPT, harga N | Taksiran harga tahanan conus, $q_c$ (dari Sondir) |              |
|--------------------------|------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------|---------------------------------------------------|--------------|
|                          | kPa                                            | ton/ m <sup>2</sup> |                             | kg/cm <sup>2</sup>                                | kPa          |
| Sangat lunak (very soft) | 0 – 12.5                                       | 0 – 1.25            | 0 – 2.5                     | 0 – 10                                            | 0 – 1000     |
| Lunak (soft)             | 12.5 – 25                                      | 1.25 – 2.5          | 2.5 – 5                     | 10 – 20                                           | 1000–2000    |
| Menengah (medium)        | 25 – 50                                        | 2.5 – 5.            | 5 – 10                      | 20– 40                                            | 2000 –4000   |
| Kaku (stiff)             | 50 – 100                                       | 5.0 – 10.           | 10 – 20                     | 40 –75                                            | 4000 – 7500  |
| Sangat kaku (very stiff) | 100 – 200                                      | 10. – 20.           | 20 – 40                     | 75– 150                                           | 7500 – 15000 |
| Keras (hard)             | > 200                                          | > 20.               | > 40                        | > 150                                             | > 15000      |

Sumber : Mochtar (2006), revised (2012)

#### 4.1.3 Data Tanah *Behaving Like Sand*

Data tanah ini di analisa dengan asumsi *behaving like sand* yang dimana kondisi ini diambil untuk menyesuaikan dengan kondisi yang terjadi di lapangan. Perbedaan antara data tanah asli dan data tanah *behaving like sand* adalah terdapat pada nilai  $C$  dan  $\phi$ . Pada data tanah asli, tanahnya seperti apa adanya sesuai pengeboran lapangan sedangkan pada *behaving like sand* data tanahnya diasumsikan menyerupai pasir.

Menurut Mochtar, pada lereng-lereng yang lapuk sudah terjadi retak-retak yang kemungkinan besar terisi lapisan pasir sehingga apabila terjadi kelongsoran sepanjang bidang - bidang yang retak tersebut maka asumsi lapisan tanah seolah-olah dianggap pasir (*behaving like sand*). Kondisi tersebut menyebabkan stabilitas talud menjadi tidak aman untuk kondisi yang akan datang sehingga perlu adanya perkuatan talud.

Dari asumsi tersebut maka diambil keputusan bahwa nilai  $C$  dianggap sama dengan nol dan untuk nilai  $\phi$  dianggap bersifat seperti pasir seperti yang terlihat pada Tabel 4.3 berikut ini:

Tabel 4.3 Data tanah *behaving like sand*

| Kedalaman | Qc<br>kg/cm <sup>2</sup> | N-SPT | $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> ) |       | Strength     |             |
|-----------|--------------------------|-------|-------------------------------|-------|--------------|-------------|
|           |                          |       | Sat                           | Unsat | $\phi^\circ$ | C'<br>(kPa) |
| 0-3m      | 8                        | 3     | 18.2                          | 15.1  | 23           | 0           |
| 3-6m      | 64                       | 17    | 16.4                          | 13.6  | 31           | 0           |
| 6-20m     | 258                      | 40    | 17.9                          | 14.8  | 20           | 100         |

Dari data tanah di atas, kondisi muka air tanah berada di atas permukaan lereng (kondisi terkritik). Dan hanya 2 lapisan teratas yang diasumsikan sebagai *behaving like sand*. Data tanah asli dan data tanah *behaving like sand* tersebut akan dimasukkan ke dalam program bantu *Geoslope* untuk dicek kestabilan lerengnya apakah sesuai dengan kondisi saat ini.

## 4.2 Analisa Stabilitas Talud

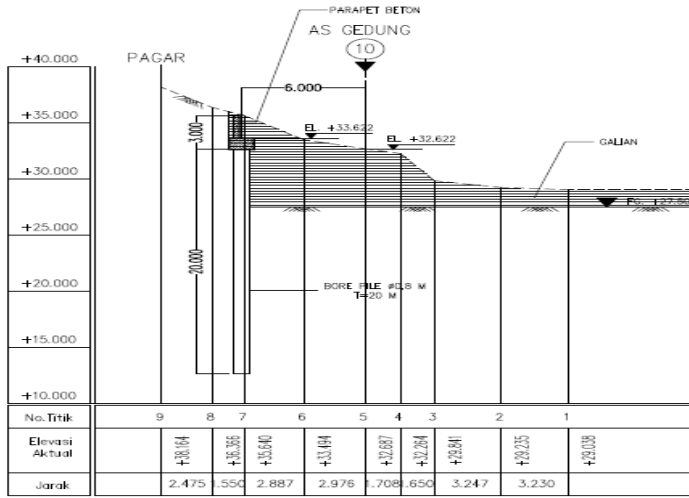
Analisa kestabilan talud pada Tugas Akhir ini dilakukan dengan 2 kondisi yaitu:

1. Analisa kestabilan talud dengan data tanah asli.
2. Analisa kestabilan talud dengan data tanah *behaving like sand*

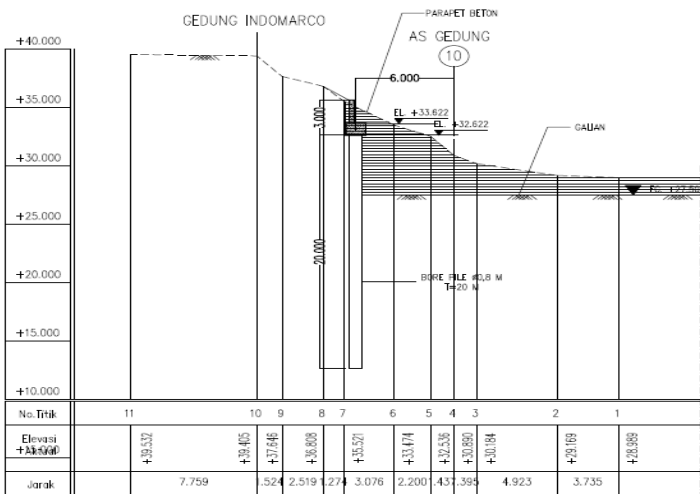
Analisa kestabilan talud dilakukan dengan dua kondisi agar dapat dibandingkan kestabilan talud dengan angka keamanan dari data tersebut.

### 4.2.1 Pemodelan Geometri Talud

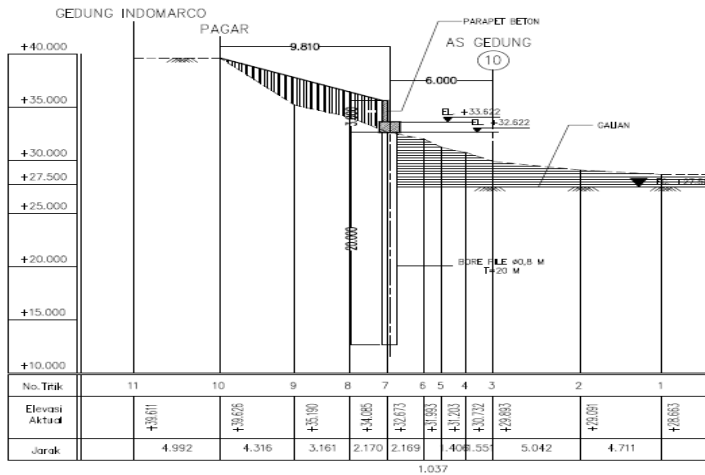
Pemodelan dari talud dalam program *Geoslope* didapat dari data perencanaan yang dianalisa setinggi kurang lebih 20 m. Seperti terlihat pada Gambar 4.5 sampai dengan Gambar 4.10.



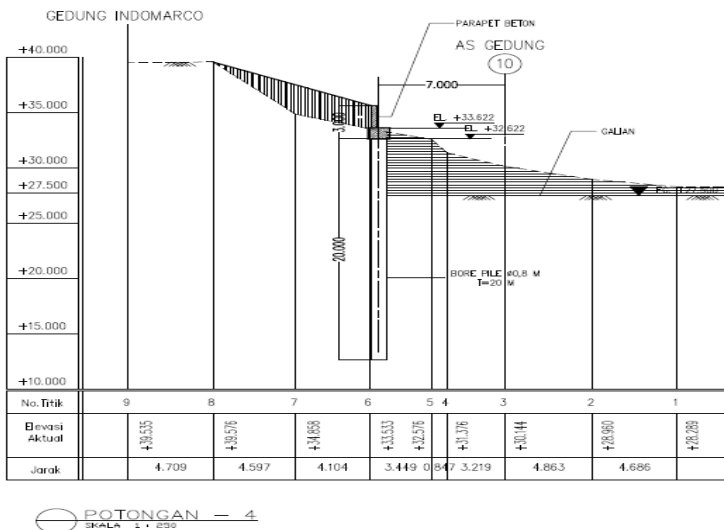
Gambar 4.5 Geometri talud untuk P1



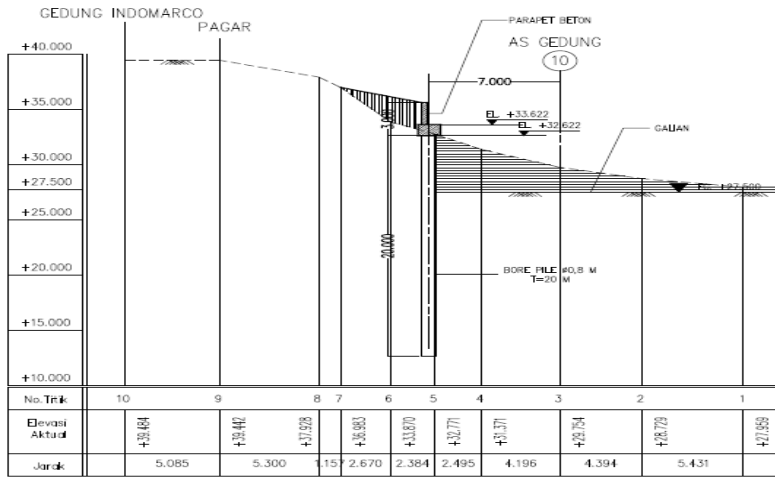
Gambar 4.6 Geometri talud untuk P2



Gambar 4.7 Geometri talud untuk P3

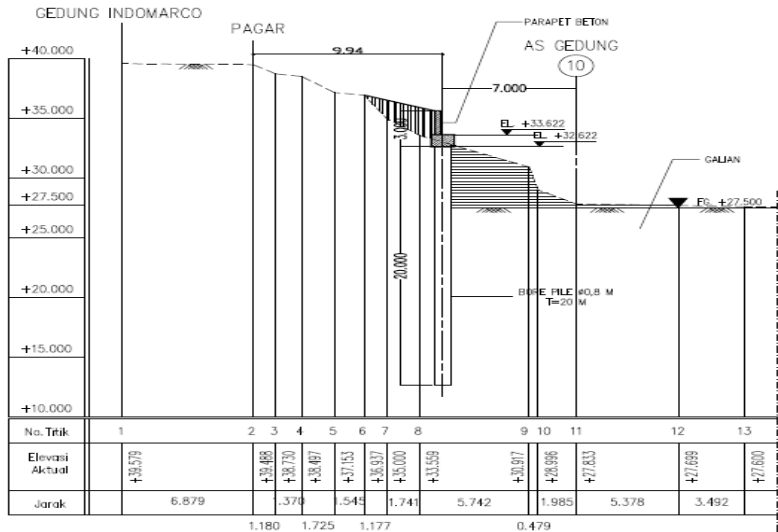


Gambar 4.8 Geometri talud untuk P4



POTONGAN — 5  
SKALA 1 : 250

Gambar 4.9 Geometri talud untuk P5



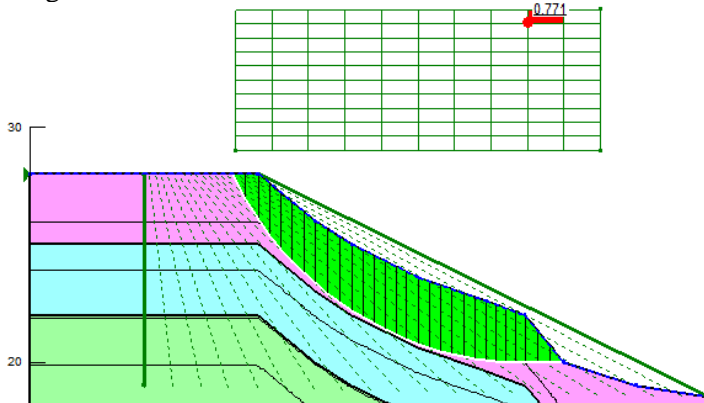
POTONGAN — 6  
SKALA 1 : 250

Gambar 4.10 Geometri talud untuk P6

#### 4.2.2 Analisa Kondisi Eksisting Sebelum Longsor

Analisa kondisi eksisting berikut ini merupakan analisa pada saat sebelum longsor terjadi pertama kali (belum dipasang perkuatan) dengan data tanah asli yang dominan lempung.

##### 1. Potongan 1




Gambar 4.11 Bidang kelongsoran pada potongan 1

Slip Surfaces

Lowest F of S

5

Select Slip Surface



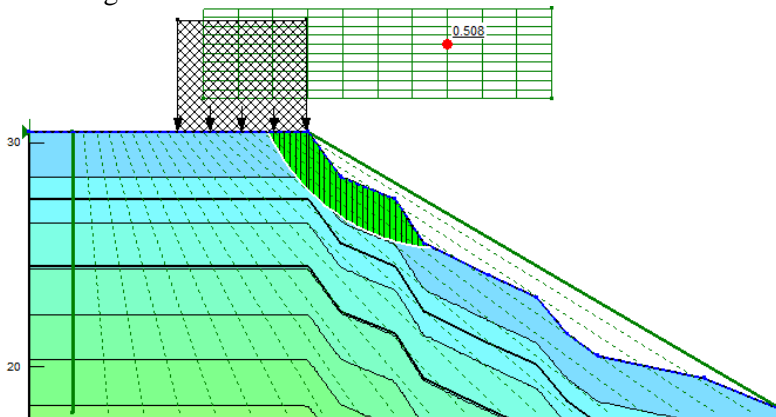
662

☒ Auto select critical

| Slip # | F of S | X Center | Y Center | Radius | Details  |
|--------|--------|----------|----------|--------|----------|
| 662    | 0.771  | 21.8     | 34.4     | 14.439 | Critical |
| 683    | 0.780  | 21.8     | 35       | 14.878 |          |
| 453    | 0.800  | 23.4     | 35       | 15.477 |          |
| 432    | 0.807  | 23.4     | 34.4     | 15.02  |          |
| 913    | 0.831  | 20.2     | 35       | 14.178 |          |

Gambar 4.12 *Safety factor* terkritik pada potongan 1

## 2. Potongan 2



Gambar 4.13 Bidang kelongsoran pada potongan 2

Slip Surfaces

Lowest F of S

5

Select Slip Surface

834

☒

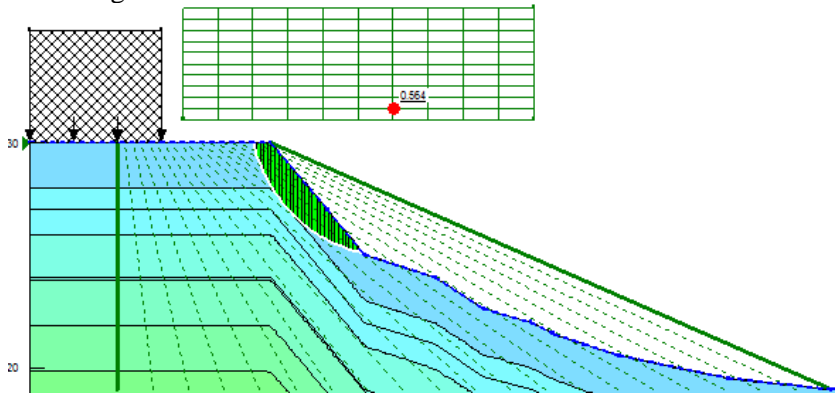
Auto select critical

| Slip # | F of S | X Center | Y Center | Radius | Details  |
|--------|--------|----------|----------|--------|----------|
| 834    | 0.508  | 19.2     | 34.4     | 9.1122 | Critical |
| 813    | 0.509  | 19.2     | 34       | 8.8024 |          |
| 855    | 0.511  | 19.2     | 34.8     | 9.4221 |          |
| 792    | 0.512  | 19.2     | 33.6     | 8.4926 |          |
| 876    | 0.517  | 19.2     | 35.2     | 9.7319 |          |

Gambar 4.14 *Safety factor* terkritik pada potongan 2



## 3. Potongan 3



Gambar 4.15 Bidang kelongsoran pada potongan 3

**Slip Surfaces**

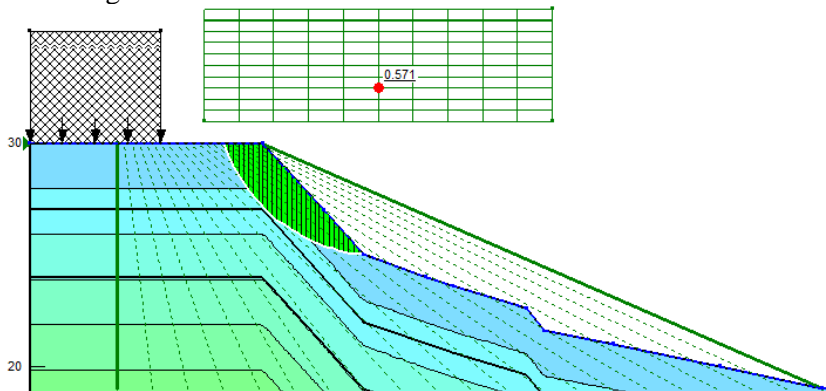
Lowest F of S: 5

Select Slip Surface: 957 ☒ Auto select critical

| Slip # | F of S | X Center | Y Center | Radius | Details      |
|--------|--------|----------|----------|--------|--------------|
| 957    | 0.564  | 16.6     | 31.5     | 6.5689 | Critical (t) |
| 978    | 0.567  | 16.6     | 32       | 6.9629 |              |
| 852    | 0.569  | 18.2     | 34.5     | 9.918  |              |
| 1,019  | 0.570  | 16.6     | 33       | 8.2063 |              |
| 1,040  | 0.571  | 16.6     | 33.5     | 8.5855 |              |

Gambar 4.16 *Safety factor* terkritis pada potongan 3

## 4. Potongan 4




Gambar 4.17 Bidang kelongsoran pada potongan 4

Slip Surfaces

Lowest F of S

5

Select Slip Surface



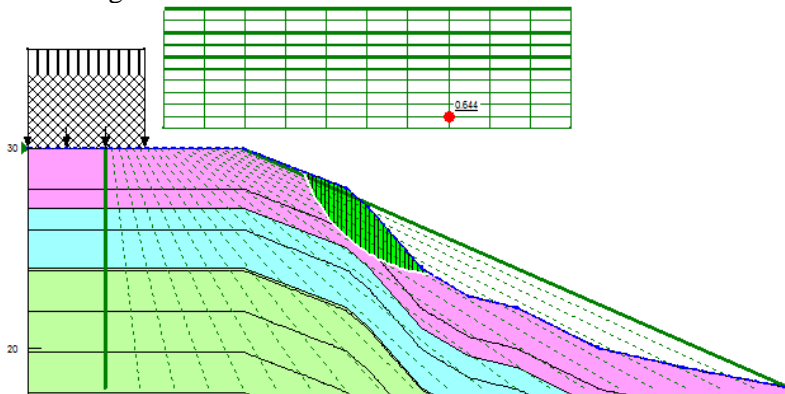
1229

☒ Auto select critical

| Slip # | F of S | X Center | Y Center | Radius | Details  |
|--------|--------|----------|----------|--------|----------|
| 1,229  | 0.571  | 16       | 32.5     | 7.5243 | Critical |
| 1,208  | 0.578  | 16       | 32       | 7.1445 |          |
| 1,187  | 0.588  | 16       | 31.5     | 6.7646 |          |
| 1,250  | 0.589  | 16       | 33       | 7.9042 |          |
| 1,062  | 0.599  | 17.6     | 34       | 9.2461 |          |

Gambar 4.18 *Safety factor* terkritik pada potongan 4

## 5. Potongan 5




Gambar 4.19 Bidang kelongsoran pada potongan 5

Slip Surfaces

Lowest F of S

5

Select Slip Surface



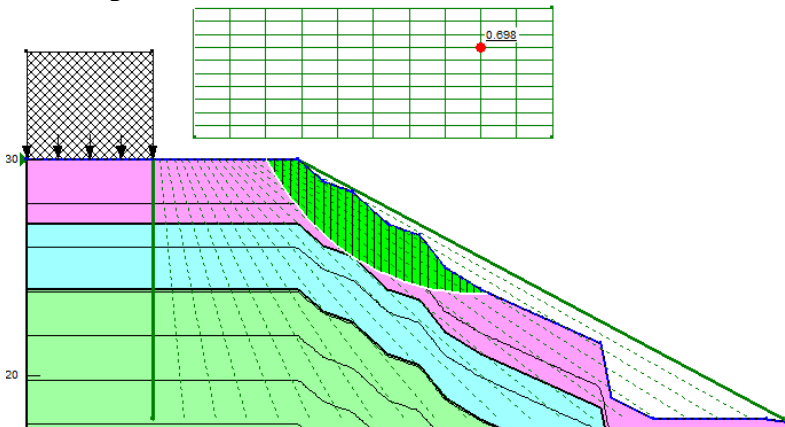
729

☒ Auto select critical

| Slip # | F of S | X Center | Y Center | Radius | Details  |
|--------|--------|----------|----------|--------|----------|
| 729    | 0.644  | 21.7     | 31.6     | 7.9957 | Critical |
| 708    | 0.646  | 21.7     | 31       | 7.4835 |          |
| 750    | 0.646  | 21.7     | 32.2     | 8.5079 |          |
| 771    | 0.651  | 21.7     | 32.8     | 9.0201 |          |
| 560    | 0.653  | 23.8     | 33.4     | 11.18  |          |

Gambar 4.20 *Safety factor* terkritik pada potongan 5

## 6. Potongan 6



Gambar 4.21 Bidang kelongsoran pada potongan 6

**Slip Surfaces**

Lowest F of S: 5

Select Slip Surface: 618 ☒ Auto select critical

| Slip # | F of S | X Center | Y Center | Radius | Details  |
|--------|--------|----------|----------|--------|----------|
| 618    | 0.698  | 21.6     | 35.2     | 11.432 | Critical |
| 639    | 0.705  | 21.6     | 35.8     | 11.886 |          |
| 660    | 0.716  | 21.6     | 36.4     | 12.34  |          |
| 450    | 0.720  | 23.3     | 37       | 13.906 |          |
| 765    | 0.729  | 19.9     | 32.8     | 8.5053 |          |

Gambar 4.22 *Safety factor* terkritik pada potongan 6

Berdasarkan analisa tersebut didapat bahwa potongan 2 berada pada kondisi terkritik karena memiliki *safety factor* paling rendah. Untuk rekapitulasi *Safety Factor* terkritik dapat dilihat pada Tabel 4.4 berikut ini:

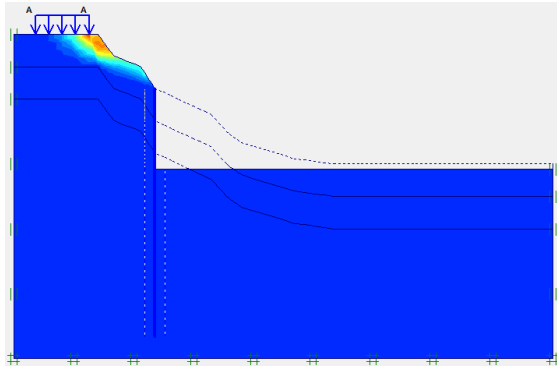
Tabel 4.4 Rekapitulasi *safety factor*

| Potongan | <i>Safety Factor terkritis</i> |
|----------|--------------------------------|
| 1        | 0.771                          |
| 2        | 0.508                          |
| 3        | 0.564                          |
| 4        | 0.571                          |
| 5        | 0.644                          |
| 6        | 0.698                          |

#### 4.2.3 Analisa Perkuatan Eksisting

Analisa perkuatan eksisting berikut ini merupakan analisa pada saat setelah terjadi longsor pertama kali (belum dipasang perkuatan). Analisa ini menggunakan program bantu Plaxis dengan memperhatikan 2 kondisi, yaitu kondisi pertama menggunakan data tanah asli yang dominan lempung dan kondisi kedua menggunakan data tanah asumsi *behaving like sand*. Yang akan dianalisa pada Tugas Akhir ini adalah potongan yang memiliki *safety factor* terkritik yaitu potongan 2.

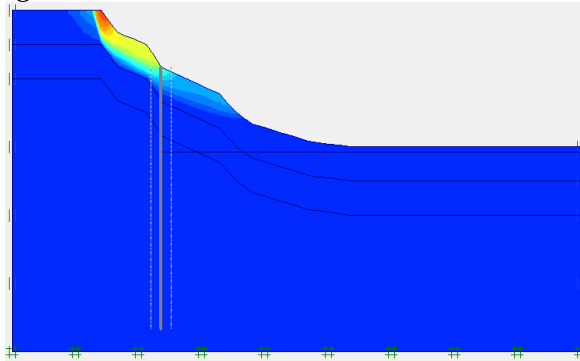
##### 1. Tanah Asli



Gambar 4.23 *Displacement* butiran tanah yang terjadi pada potongan 2 (*bored pile* dengan data tanah asli)

Berdasarkan hasil *running* software Plaxis terhadap bidang longsor yang terjadi, didapatkan nilai *safety factor* sebesar 1.34. Dengan nilai  $SF=1.34$ , maka turap dengan material *bored pile* **aman** terhadap kelongsoran.

## 2. *Behaving Like Sand*



Gambar 4.24 *Displacement* butiran tanah yang terjadi pada potongan 2 (*bored pile* dengan data *behaving like sand*)

Berdasarkan hasil *running* software Plaxis terhadap bidang longsor yang terjadi, didapatkan nilai *safety factor* sebesar 0.83. Dengan nilai  $SF=0.83$ , maka turap dengan material *bored pile* **tidak aman** terhadap kelongsoran.

## 4.3 Data Perkuatan Talud

### 4.3.1 Data *Bored Pile*

Alternatif yang digunakan pada area kelongsoran adalah *Bored Pile*. *Bored Pile* yang digunakan pada perencanaan ini merupakan *Bored Pile* eksisting yang telah digunakan pada perencanaan sebelumnya. Adapun spesifikasinya sebagai berikut:

|                           |         |
|---------------------------|---------|
| Panjang dinding parapet   | : 2 m   |
| Lebar dinding parapet     | : 0.3 m |
| Panjang capping beam      | : 1 m   |
| Panjang <i>bored pile</i> | : 20 m  |

|                            |                    |
|----------------------------|--------------------|
| Diameter <i>bored pile</i> | : 0.8 m            |
| Mutu beton                 | : K300             |
| Tulangan                   | : 20D22 dan D8-200 |

#### **4.3.2 Data *Soldier Pile***

Salah satu konstruksi yang berfungsi untuk meningkatkan tahanan geser pada tanah adalah *Soldier Pile*, konstruksi ini akan dipasang pada bagian talud yang longsor. Data *Soldier Pile* yang digunakan dalam perencanaan tugas akhir ini adalah produk dengan spesifikasi sebagai berikut:

|                            |                     |
|----------------------------|---------------------|
| Panjang <i>bored pile</i>  | : 15 m              |
| Diameter <i>bored pile</i> | : 1 m               |
| Mutu beton                 | : K350              |
| Tulangan                   | : 24D32 dan D13-200 |

#### **4.3.3 Data *Ground Anchor***

*Ground Anchor* berfungsi untuk menahan beban lateral di belakang penahan tanah sehingga kestabilan talud tetap terjaga. *Ground Anchor* ini akan dipasang di belakang area talud yang longsor. Data *Ground Anchor* (lihat Lampiran 3) yang digunakan pada perencanaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

Angkur *grouting* (Kowa Permanent tipe KP5-3)

|                     |          |
|---------------------|----------|
| Diameter minimum    | : 90 mm  |
| <i>Tensile load</i> | : 549 kN |
| <i>Yield load</i>   | : 468 kN |

#### 4.4 Perencanaan Perkuatan Tanpa Menggunakan *Subdrain*

##### 4.4.1 Perencanaan Perkuatan Turap *Soldier Pile*

Perencanaan perkuatan ini menggunakan data tanah asumsi *behaving like sand* pada potongan 2.

##### 1. Perhitungan koefisien tekanan tanah

Koefisien tekanan tanah aktif dan pasif diperoleh dengan menggunakan rumus Rankine yaitu:

- a. Koefisien tekanan tanah aktif menggunakan rumus 2.7

$$K_a = \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{\theta}{2} \right), \text{ dimana:}$$

$$K_{a1} = \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{23}{2} \right) \\ = 0.438$$

- b. Koefisien tekanan tanah pasif menggunakan rumus 2.11

$$K_p = \tan^2 \left( 45^\circ + \frac{\theta}{2} \right), \text{ dimana:}$$

$$K_{p1} = \tan^2 \left( 45^\circ + \frac{23}{2} \right) \\ = 2.283$$

Hasil dari perhitungan koefisien tekanan tanah aktif dan koefisien tekanan tanah pasif dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Data perencanaan *soldier pile*

| Jenis Tanah      | Kedalaman  | $\gamma'$            | $C_u$                | $\phi$ | $K_a$ | $K_p$ |
|------------------|------------|----------------------|----------------------|--------|-------|-------|
|                  |            | (kN/m <sup>3</sup> ) | (kN/m <sup>3</sup> ) |        |       |       |
| Lempung Berpasir | 0-3 meter  | 8.2                  | 0                    | 23     | 0.438 | 2.283 |
| Lempung Padat    | 3-6 meter  | 6.4                  | 0                    | 31     | 0.320 | 3.124 |
| Batuan Lempung   | 6-20 meter | 7.9                  | 100                  | 20     | 0.490 | 2.040 |

##### 2. Perhitungan $\sigma_v$ dan $\sigma_H$

$$q = q \text{ surcharge} + (\gamma'_1 \times h_1) + (\gamma'_2 \times h_2) \\ = 20 + (8.2 \times 3) + (6.4 \times 2) \\ = 57.4 \text{ kN/m}^2$$

- a. Tekanan Tanah Aktif



- Titik 1
 
$$\begin{aligned}\sigma_{v1} &= q \\ &= 57.4 \text{ kN/m}^2 \\ \sigma_{H1} &= (\sigma_v \times Ka) - (2c \sqrt{Ka}) \\ &= 57.4 \times 0.438 - 0 \\ &= 25.15 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$
- Titik 2 atas
 
$$\begin{aligned}\sigma_{v2a} &= q + (\gamma'_1 \times h_1) \\ &= 57.4 + (8.2 \times 3) \\ &= 82 \text{ kN/m}^2 \\ \sigma_{H2a} &= (\sigma_v \times Ka) - (2c \sqrt{Ka}) \\ &= 82 \times 0.438 - 0 \\ &= 35.92 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$
- Titik 2 bawah
 
$$\begin{aligned}\sigma_{v2b} &= q + (\gamma'_2 \times h_2) \\ &= 82 + (6.4 \times 3) \\ &= 101.2 \text{ kN/m}^2 \\ \sigma_{H2b} &= (\sigma_v \times Ka) - (2c \sqrt{Ka}) \\ &= 101.2 \times 0.32 - 0 \\ &= 32.39 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$
- Titik 3 atas
 
$$\begin{aligned}\sigma_{v3a} &= q + (\gamma'_2 \times h_2) \\ &= 101.2 + (6.4 \times 3) \\ &= 120.4 \text{ kN/m}^2 \\ \sigma_{H3a} &= (\sigma_v \times Ka) - (2c \sqrt{Ka}) \\ &= 120.4 \times 0.32 - 0 \\ &= 38.54 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$
- Titik 3 bawah
 
$$\begin{aligned}\sigma_{v3b} &= q + (\gamma'_3 \times h_3) \\ &= 120.4 + (7.9 \times 3) \\ &= 144.1 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma_{H3b} &= (\sigma_v \times Ka) - (2c \sqrt{Ka}) \\
 &= (144.1 \times 0.32) - (2 \times 100 \times \sqrt{0.49}) \\
 &= -69.39 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

- Titik 4

$$\begin{aligned}
 \sigma_{v4} &= q + (\gamma'_3 \times h_3) \\
 &= 144.1 + (7.9 \times 2) \\
 &= 159.9 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma_{H4} &= (\sigma_v \times Ka) - (2c \sqrt{Ka}) \\
 &= (159.9 \times 0.49) - (2 \times 100 \times \sqrt{0.49}) \\
 &= -61.64 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

- Titik O

$$\begin{aligned}
 \sigma_{vo} &= q + (\gamma'_3 \times Do) \\
 &= 159.9 + (7.9 \times Do) \\
 &= 7.9 Do + 159.9 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma_{Ho} &= (\sigma_v \times Ka) - (2c \sqrt{Ka}) \\
 &= (7.9 Do + 159.9) \times 0.49 - (2 \times 100 \times \sqrt{0.49}) \\
 &= 3.871 Do - 61.69 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

b. Tekanan Tanah Pasif

- Titik 4

$$\begin{aligned}
 \sigma_{v4} &= q \\
 &= 0 \text{ kN/m}^2 \\
 \sigma_{H4} &= (\sigma_v \times Kp) + (2c \sqrt{Kp}) \\
 &= 0 + 2 \times 100 \times \sqrt{2.04} \\
 &= 285.63 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

- Titik O

$$\begin{aligned}
 \sigma_{vo} &= q + (\gamma'_3 \times Do) \\
 &= 0 + (7.9 \times Do) \\
 &= 7.9 Do \text{ kN/m}^2 \\
 \sigma_{Ho} &= (\sigma_v \times Kp) + (2c \sqrt{Kp}) \\
 &= (7.9 Do \times 2.04) + (2 \times 100 \times \sqrt{2.04})
 \end{aligned}$$

$$= 16.116 \text{ Do} + 285.63 \text{ kN/m}^2$$

c. Tekanan Air Aktif

$$\begin{aligned}\sigma_w &= \gamma'_w \times (\text{Do} + 8) \\ &= 10 \times (\text{Do} + 8) \\ &= (10 \text{ Do} + 80) \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

d. Tekanan Air Pasif

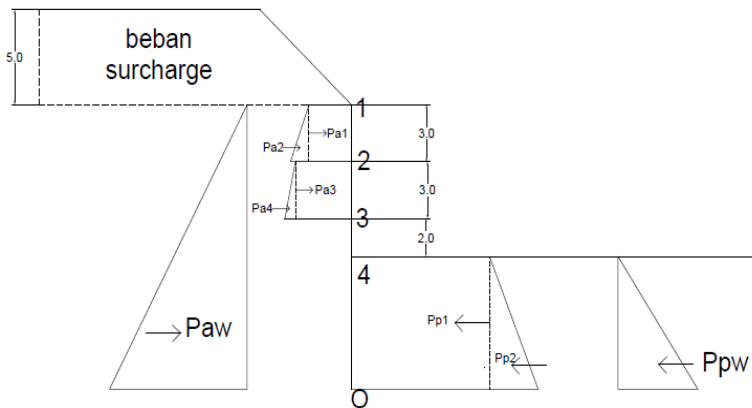
$$\begin{aligned}\sigma_w &= \gamma'_w \times \text{Do} \\ &= 10 \text{ Do kN/m}^2\end{aligned}$$

3. Perhitungan Tekanan Aktif dan Pasif

- a.  $Pa_{I1} = \sigma_{H1} \times y_1$   
 $= 25.15 \times 3$   
 $= 75.44 \text{ kN/m}$
- b.  $Pa_{I2} = \frac{1}{2} (\sigma_{H2a} - \sigma_{H1}) \times y_1$   
 $= \frac{1}{2} (35.92 - 25.15) \times 3$   
 $= 16.17 \text{ kN/m}$
- c.  $Pa_{II1} = \sigma_{H2b} \times y_2$   
 $= 32.39 \times 3$   
 $= 97.18 \text{ kN/m}$
- d.  $Pa_{II2} = \frac{1}{2} (\sigma_{H3a} - \sigma_{H2b}) \times y_2$   
 $= \frac{1}{2} (38.54 - 32.39) \times 3$   
 $= 9.22 \text{ kN/m}$
- e.  $Pa_{III1} = \sigma_{H3b} \times y_3$   
 $= -69.39 \times 2$   
 $= -138.78 \text{ kN/m}$   
 (karena nilainya negatif maka dianggap 0)
- f.  $Pa_{III2} = \frac{1}{2} (\sigma_{H4} - \sigma_{H3b}) \times y_2$   
 $= (\text{karena nilainya negatif maka dianggap } 0)$
- g.  $Pa_{IV1} = \sigma_{H4} \times \text{Do}$   
 $= (\text{karena nilainya negatif maka dianggap } 0)$
- h.  $Pa_{IV2} = \frac{1}{2} (\sigma_{H5} - \sigma_{H4}) \times \text{Do}$

$$\begin{aligned}
 &= (\text{karena nilainya negatif maka dianggap } 0) \\
 \text{i. } P_{aw} &= \frac{1}{2} \sigma_w (D_o + 8) \\
 &= \frac{1}{2} (10 D_o + 8) \times (D_o + 8) \\
 &= 5 D_o^2 + 80 D_o + 320 \\
 \text{j. } P_{p1} &= \sigma_{H4} \times D_o \\
 &= 285.63 D_o \text{ kN/m} \\
 \text{k. } P_{p2} &= \frac{1}{2} (\sigma_{H0} - \sigma_{H4}) \times D_o \\
 &= \frac{1}{2} (16.116 D_o + 285.63 - 285.63) \times D_o \\
 &= 8.058 D_o^2 \\
 \text{l. } P_{pw} &= \frac{1}{2} \sigma_w \times D_o \\
 &= \frac{1}{2} (10 D_o) \times D_o \\
 &= 5 D_o^2
 \end{aligned}$$

Pada Gambar 4.25 dapat dilihat hasil dari perhitungan tegangan dan tekanan tanah lateral pada turap kantilever pada kondisi tanah *behaving like sand*.



Gambar 4.25 Diagram tekanan tanah lateral *soldier pile* tanpa subdrain

#### 4. Perhitungan Kedalaman Turap

Untuk perhitungan momen yang terjadi pada turap dapat dilihat pada Tabel 4.6 dan Tabel 4.7 sebagai berikut:

Tabel 4.6 Gaya aktif turap kantilever *behaving like sand*

| Ket      | Pai (kN)                        | Ph lengan (m)                  | Ph momen (kN.m)                                     |
|----------|---------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------------------|
| PaI1     | 75.44                           | 6.5+Do                         | 75.44 Do + 490.36                                   |
| PaI2     | 16.17                           | 6+Do                           | 16.17 Do + 97.02                                    |
| PaII1    | 97.18                           | 3.5+Do                         | 97.18 Do + 340.13                                   |
| PaII2    | 9.22                            | 3+Do                           | 21.03 Do + 63.09                                    |
| PaIII1   | 0.00                            | 1+Do                           | 0.00                                                |
| PaIII2   | 0.00                            | 2/3+Do                         | 0.00                                                |
| PaIV1    | 0.00                            | 0.5 Do                         | 0.00                                                |
| PaIV2    | 0.00                            | 1/3 Do                         | 0.00                                                |
| Pa w     | $\frac{5}{2} Do^2 + 80Do + 320$ | $\frac{1}{3} Do + \frac{8}{3}$ | $\frac{5}{3} Do^3 + 48/3 Do^2 + 384/3 Do + 2560/3$  |
| $\Sigma$ |                                 |                                | $\frac{5}{3} Do^3 + 48/3 Do^2 + 337.82 Do + 1843.9$ |

Tabel 4.7 Gaya pasif turap kantilever *behaving like sand*

| Ket      | Ppi (kN)     | Ph lengan (m)    | Ph momen (kN.m)                     |
|----------|--------------|------------------|-------------------------------------|
| Pp1      | 285.63 Do    | 0.5 Do           | $-142.815 Do^2$                     |
| Pp2      | $8.058 Do^2$ | $\frac{1}{3} Do$ | $-\frac{8}{3} Do^3$                 |
| Pp w     | $5 Do^2$     | $\frac{1}{3} Do$ | $-\frac{5}{3} Do^3$                 |
| $\Sigma$ |              |                  | $-\frac{13}{3} Do^3 - 142.815 Do^2$ |

$$\Sigma \text{Momen} = \Sigma \text{Momen aktif} + \Sigma \text{Momen pasif}$$

$$\Sigma \text{Momen} = -\frac{8}{3} Do^3 - 126.815 Do^2 + 337.82 Do + 1843.93$$

$$Do = 5 \text{ meter}$$

$$D = SF \times Do = 1.5 \times 5 = 7.5 \text{ meter}$$

Panjang total turap =  $8 + 7.5 = 15.5$  meter

### 5. Perhitungan Momen Maksimum

$$M_x = -8/3 x^3 - 126.815 x^2 + 337.82 x + 1843.93$$

$$M_x/D_x = -8 x^2 - 253.63 x + 337.82$$

$$x = 1.28 \text{ meter}$$

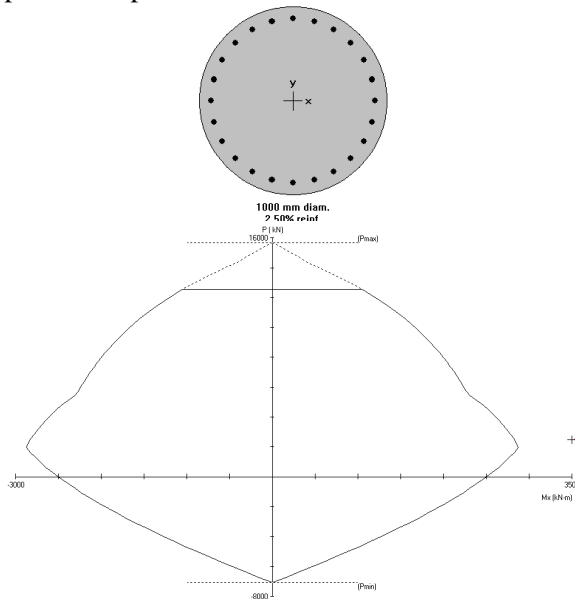
$$M_{\text{maks}} = -8/3(1.28)^3 - 126.815(1.28)^2 + 337.82(1.28) + 1843.93$$

$$= 1424.82 \text{ kNm}$$

### Perencanaan *Soldier Pile*

#### a. Perencanaan Tulangan Utama

Dengan menggunakan program pca Column, direncanakan *soldier pile* berukuran 1000mm dengan mutu beton K350 dan mutu tulangan 400 Mpa. Direncanakan tulangan utama berdiameter 32 mm dengan jumlah tulangan 24. Gambar diagram interaksi penulangan dari pca Column dapat dilihat pada Gambar 4.24.



Gambar 4.26 Diagram interaksi penulangan *soldier pile* dengan asumsi tanah *behaving like sand*

Dari hasil perhitungan, didapatkan data *soldier pile* sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Diameter} &= 1000\text{mm} \\
 E_c &= 23453 \text{ MPa} \\
 I_x = I_y &= 4908740 \text{ cm}^4 \\
 \phi M_n &= 2826.9 \text{ kNm} \\
 Z &= \frac{2826.9 \text{ kNm}}{29050 \text{ kN/m}^2} = 97311 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

### c. Tulangan Geser

Dari hasil SAP2000 dipakai pembebanan gaya geser terbesar pada *soldier pile* dimana  $V_u = 172339 \text{ N}$ . Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.1.1 desain penampang yang dikenai geser harus didasarkan pada:

$$\begin{aligned}
 \phi V_n &\geq V_u \\
 V_n &= V_c + V_s \\
 V_u &= 172339 \text{ N} \\
 V_c &= 0.17 \lambda \sqrt{f'_c} \times \frac{1}{4} \pi D^2 \\
 &= 0.17 \times 1 \times \sqrt{29.05} \times \frac{1}{4} \pi 1000^2 \\
 &= 719634 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Direncanakan sengkang spiral D13 dengan jarak 200mm.  $V_s$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{A_v \times f_y \times d}{s} \\
 A_v &= 2 \times \frac{1}{4} \pi D^2 \\
 &= 2 \times \frac{1}{4} \pi 13^2 \\
 &= 265.46 \text{ mm}^2 \\
 d &= 1000 - 40 - 13 - 0.5 \times 32 = 831 \text{ mm} \\
 f_y &= 240 \text{ MPa} \\
 V_s &= \frac{265.46 \times 240 \times 831}{200} \\
 &= 264716.71 \text{ N} \\
 V_n &= 719634 + 264716.71 \text{ N} \\
 &= 984350.71 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi V_n &\geq V_u \\ 0.75 \times 984350.71 \text{ N} &\geq 172339 \text{ N} \\ 738263 \text{ N} &\geq 172339 \text{ N (OK!)}\end{aligned}$$

### Cek penampang profil

$$\begin{aligned}Z_0 &= \frac{M_{\text{desain}}}{\sigma_{\text{allow}}} \times 10^6 \\ &= \frac{1424.82}{240000} \times 10^6 \\ &= 5936 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Z_0 &\leq Z \\ 5936 \text{ cm}^3 &\leq 97311 \text{ cm}^3 \text{ (OK)}\end{aligned}$$

## 2. Defleksi *Soldier Pile*

Hasil analisa program SAP 2000, didapat defleksi *Soldier Pile* seperti pada Gambar 4.32 di bawah ini:



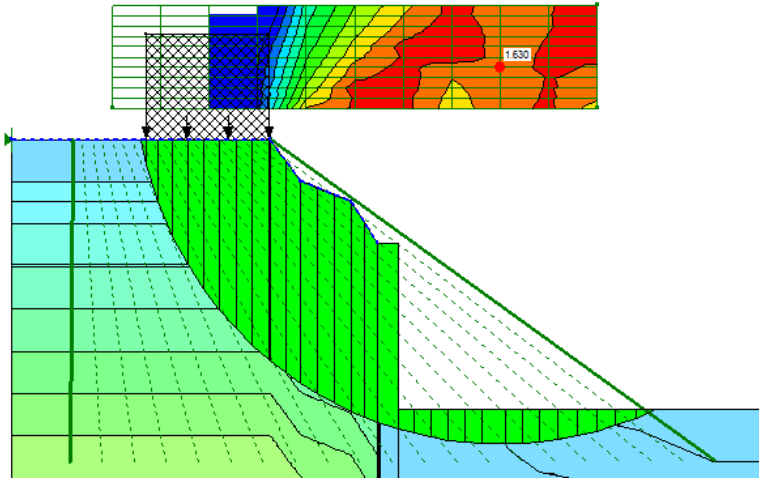
Gambar 4.27 Defleksi *Soldier Pile*

$$\begin{aligned}\text{Defleksi} &= 0.0045 \text{ m} \\ &= 4.5 \text{ mm}\end{aligned}$$

## 3. Hasil Analisa dari *Software* Geoslope

Hasil analisa menggunakan *software* Geoslope dapat dilihat pada gambar 4.28 di bawah ini.





Gambar 4.28 *Safety factor soldier pile* pada potongan 2

Berdasarkan hasil analisa *software* Geoslope, didapatkan nilai *safety factor* yang terjadi sebesar 1.63. Dengan nilai  $SF = 1.63$ , maka desain *soldier pile* **aman** terhadap kelongsoran.

#### 4. Perencanaan *Capping Beam*

Perencanaan *capping beam* pada Tugas Akhir ini hanya berfungsi sebagai pengikat antar *soldier pile*. Karena pada perencanaan *soldier pile* perhitungannya menggunakan tiang tunggal, sehingga tidak ada momen yang terjadi pada *capping beam*. Untuk penulangan *capping beam* hanya menggunakan tulangan susut sesuai dengan SNI 2847-2013 pasal 7.12.2.1.

Data perencanaannya sebagai berikut:

$b = 1.2$  meter

$h = 1$  meter

$f_c' = 29.05$  MPa (K350)

Cover = 40 mm

Diameter tulangan = 19 mm

$d = 1000 - 40 - 13 - 19/2 = 937.5$  mm



$$= 9325.45 \text{ kNm}$$

Kemudian mencari  $M_{\text{resisting}}$  rencana dengan  $SF_{\text{rencana}} = 1,1$

$$\begin{aligned} M_{\text{resisten rencana}} &= M_{\text{dorong}} \times SF_{\text{rencana}} \\ &= 9325.45 \times 1.1 \\ &= 8477.69 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Maka didapat nilai  $\Delta MR$  yaitu nilai momen yang akan dipikul oleh *ground anchor* adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \Delta MR &= M_{\text{resisten rencana}} - M_{\text{resisten yang terjadi}} \\ &= 8477.69 - 5129 \\ &= 3348.69 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Dikarenakan *ground anchor* direncanakan setiap 2 meter, maka nilai momen yang dipikul *ground anchor* harus dikali 2:

$$\begin{aligned} \Delta MR &= 4860.1 \times 2 \\ &= 6697.37 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Perhitungan  $N$  (gaya pra-tegang tegak lurus bidang longsor) dengan menggunakan persamaan 2.34:

$$\begin{aligned} N_{\text{anchor}} &= \frac{\Delta MR}{R \times \tan \phi} \\ &= \frac{6697.37}{13.11 \times \tan 31^\circ} \\ &= 850.21 \text{ kN} \end{aligned}$$

Setelah mendapatkan nilai  $N$ , maka dicari nilai  $P$  yaitu gaya prategang yang tegak lurus lereng yang dimana memiliki nilai  $\beta = 8^\circ$ , maka nilai  $P$ :

$$\begin{aligned} P_{\text{anchor}} &= \frac{N_{\text{anchor}}}{\cos \beta} \\ &= \frac{850.21}{\cos 8^\circ} \\ &= 858.57 \text{ kN} \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan 2 buah *anchor*, maka  $\Delta MR$  dibagi 2 untuk mendapatkan gaya tiap 1 *anchor*:

$$\begin{aligned}
 P_{\text{anchor}} &= \frac{N_{\text{anchor}}}{2} \\
 &= \frac{858.57}{2} \\
 &= 429.28 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Menentukan panjang *grouting* yaitu dengan menggunakan persamaan 2.20 dengan nilai  $SF = 2.5$  dan nilai  $C = 100 \text{ kN/m}^2$ . Untuk keseluruhan perhitungan  $P$  (gaya *anchor*) dan  $L$  (panjang *grouting*) dapat dilihat di lampiran.

$$\begin{aligned}
 P \times SF &= C \times \pi \times D \times L \\
 L &= \frac{P \times SF}{C \times \pi \times D} \\
 &= \frac{429.28 \times 2.5}{100 \times \pi \times 0.3} \\
 &= 8.54 \text{ meter} \approx 9 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

Setelah merencanakan nilai gaya prategang ( $P$ ) dan panjang *grouting* ( $L$ ), direncanakan pelat beton penahan agar daya dukung dari pelat beton mampu untuk menahan gaya tarik dari *anchor* tersebut.

Perhitungan balok beton penahan *ground anchor* menggunakan pondasi telapak bujur sangkar dengan rumus sebagai berikut:

$$q_{\text{ult}} = 1.2 C' N_{c'} + q N_{q'} + 0.4 \gamma' B N_{\gamma'} \text{ (Terzaghi)}$$

Keterangan:

$$C' = \text{Kohesi tanah, } C' = C_u \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$q = \gamma' \times \text{kedalaman pondasi (m)}$$

$$\gamma' = \text{Berat volume efektif (kN/m}^3\text{)}$$

$$B = \text{Lebar pondasi (m)}$$

$$q_{\text{ult}} = \text{Daya dukung ultimate (kN/m}^2\text{)}$$

$$q_{\text{ijin}} = q_{\text{ult}}/SF \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$SF = 2.5$$

$$N_{c'}, N_{q'} \text{ dan } N_{\gamma'} = \text{Faktor daya dukung}$$

Direncanakan:

- $C'$  lapisan atas  $= 6 \text{ kN/m}^2$
- Asumsi lebar pondasi,  $B = 2 \text{ meter}$

- Asumsi panjang pondasi, H = 2 meter
- Kedalaman pondasi, Df = 0.3 meter
- Sudut geser dalam,  $\phi$  =  $23^\circ$

Maka harga  $Nc' = 36.14$

$$Nq' = 18.26$$

$$Ny' = 8.96$$

$$q_{ult} = 1.2 C' Nc' + q Nq' + 0.4 \gamma' B Ny'$$

$$q_{ult} = 1.2 C' Nc' + \gamma' Df Nq' + 0.4 \gamma' B Ny'$$

$$q_{ult} = (1.3 \times 6 \times 36.14) + (8.2 \times 0.3 \times 18.26) + (0.4 \times 8.2 \times 2 \times 8.96)$$

$$= 385.6 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{ijin} = \frac{q_{ult}}{SF}$$

$$q_{ijin} = \frac{385.6}{2.5}$$

$$= 154.24 \text{ kN/m}^2$$

Gaya *P anchor* tersebut sudah berada tegak lurus dengan pelat beton. Untuk mencari tegangan yang dihasilkan prategang *P anchor* adalah sebagai berikut:

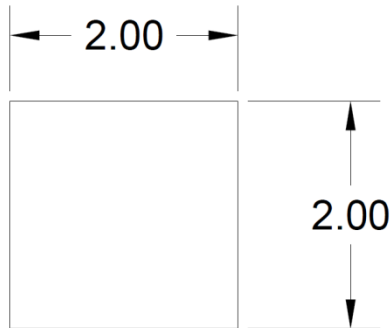
$$Q_t = \frac{P}{A}$$

$$= \frac{429.28}{(2 \times 2)}$$

$$= 107.32 \text{ kN/m}^2$$

Jadi dipasang *anchor* dengan  $P = 549 \text{ kN}$  (spek Kowa Permanent Anchor tipe KP5-3) dengan panjang *grouting* 9 meter dan pelat beton penahan dengan tebal 0.3 meter dimensi 2x2 meter dapat digunakan karena  $Q_{ijin} = 154.24 \text{ kN/m}^2 > Q_t = 107.32 \text{ kN/m}^2$

Menghitung tulangan balok beton penahan

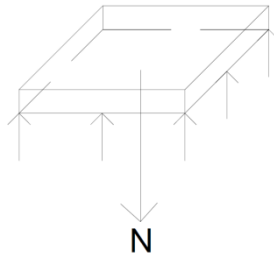


Gambar 4.30 Dimensi balok beton penahan

Data-data perencanaan untuk balok beton penahan adalah sebagai berikut:

- Dimensi plat :  $(2 \times 2) \text{ m}^2$
- Tebal plat : 300 mm
- Tebal decking : 20 mm
- D tulangan : 16 mm
- Mutu tulangan : 400 MPa
- Mutu beton : K350 ( $f'_c = 29.05 \text{ MPa}$ )

$$d = 300 - 20 - \frac{1}{2}(16) = 272 \text{ mm}$$



Gambar 4.31 Gaya dan tegangan pada balok penahan

### Perhitungan Beban Merata Balok Penahan

$$\begin{aligned}
 Q_t &= \frac{P}{A} \\
 &= \frac{401.45}{(2 \times 2)} \\
 &= 100.36 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_b &= 0.85 \times \frac{\beta \times f'_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\
 &= 0.85 \times \frac{0.85 \times 29.05}{400} \times \frac{600}{600 + 400} \\
 &= 0.0315
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\max} &= 0.75 \times \rho_b \\
 &= 0.75 \times 0.0315 \\
 &= 0.0236
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &= \frac{1.4}{f_y} \\
 &= \frac{1.4}{400} \\
 &= 0.0035
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0.85 \times f'_c} \\
 &= \frac{400}{0.85 \times 29.05} \\
 &= 16.2
 \end{aligned}$$

### **Momen Ultimate Balok Penahan**

$$\begin{aligned}
 M_u &= \frac{1}{8} \times q \times b^2 \\
 &= \frac{1}{8} \times 100.36 \times 2^2 \\
 &= 50.18 \text{ kNm/m}
 \end{aligned}$$

### **Momen nominal balok penahan**

$$\begin{aligned}
 M_n &= \frac{M_u}{0.8} \\
 &= \frac{50.18}{0.8} = 62.73 \text{ kNm} \\
 R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} \\
 &= \frac{62.73 \times 10^6}{2000 \times 272 \times 272} \\
 &= 4.23 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

**Rasio Penulangan**

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 m x R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{16.2} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16.2 \times 4.23}{400}} \right) \\
 &= 0.012
 \end{aligned}$$

Syarat:

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

maka:

$$\rho_{\text{pakai}} = 0.012$$

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \times b \times d \\
 &= 0.012 \times 2000 \times 72 \\
 &= 1728 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

**Perhitungan Jumlah Tulangan**

$$\begin{aligned}
 A_s &= n \times \frac{1}{4} \pi D^2 \\
 1728 &= n \times \frac{1}{4} \pi 16^2 \\
 N &= \frac{1728}{201} = 8.59 \approx 10 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

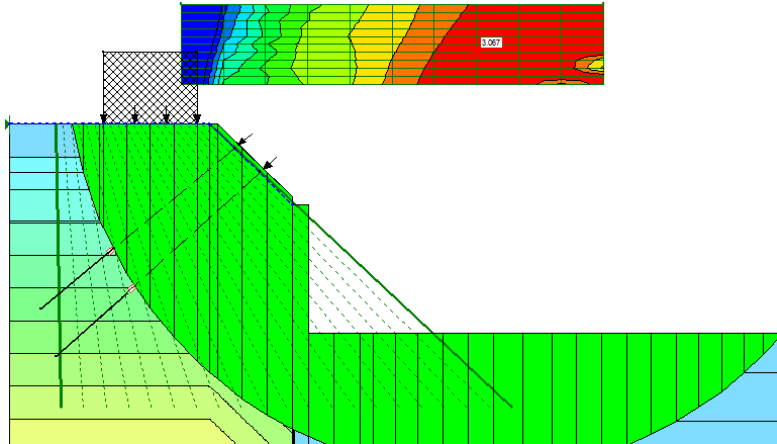
**Perhitungan Jarak Pemasangan**

$$S = \frac{2000}{10} = 200 \text{ mm}$$

Jadi, dipasang tulangan 10D16-200



### Hasil Analisa Software Geoslope



Gambar 4.32 *Safety factor ground anchor* pada potongan 2

Berdasarkan hasil analisa *software* Geoslope, didapatkan nilai *safety factor* yang terjadi sebesar 3.07. Dengan nilai  $SF = 3.07$ , maka desain *ground anchor* **aman** terhadap kelongsoran.

#### 4.4.3 Perencanaan Kombinasi *Soldier Pile* dengan *Ground Anchor*

Perencanaan perkuatan ini menggunakan data tanah asumsi *behaving like sand* pada potongan 2.

##### 1. Perhitungan koefisien tekanan tanah

Koefisien tekanan tanah aktif dan pasif diperoleh dengan menggunakan rumus Rankine yaitu:

- a. Koefisien tekanan tanah aktif menggunakan rumus 2.7

$$K_a = \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{\phi}{2} \right), \text{ dimana:}$$

$$\begin{aligned} K_{a1} &= \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{23}{2} \right) \\ &= 0.438 \end{aligned}$$

- b. Koefisien tekanan tanah pasif menggunakan rumus 2.11

$$K_p = \tan^2 \left( 45^\circ + \frac{\phi}{2} \right), \text{ dimana:}$$

$$K_{p1} = \tan^2(45^\circ + \frac{23}{2})$$

$$= 2.283$$

Hasil dari perhitungan koefisien tekanan tanah aktif dan koefisien tekanan tanah pasif dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Data perencanaan turap kantilever dengan asumsi tanah *behaving like sand*

| Jenis Tanah      | Kedalaman  | $\gamma'$           | $C_u$               | $\phi$ | $K_a$ | $K_p$ |
|------------------|------------|---------------------|---------------------|--------|-------|-------|
|                  |            | ( $\text{kN/m}^3$ ) | ( $\text{kN/m}^3$ ) |        |       |       |
| Lempung Berpasir | 0-3 meter  | 8.2                 | 0                   | 23     | 0.438 | 2.283 |
| Lempung Padat    | 3-6 meter  | 6.4                 | 0                   | 31     | 0.320 | 3.124 |
| Batuan Lempung   | 6-20 meter | 7.9                 | 100                 | 20     | 0.490 | 2.040 |

## 2. Perhitungan $\sigma_v$ dan $\sigma_H$

$$q = q \text{ surcharge} + (\gamma'_1 \times h_1) + (\gamma'_2 \times h_2)$$

$$= 20 + (8.2 \times 3) + (6.4 \times 2)$$

$$= 57.4 \text{ kN/m}^2$$

### e. Tekanan Tanah Aktif

#### - Titik 1

$$\sigma_{v1} = q$$

$$= 57.4 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{H1} = (\sigma_v \times K_a) - (2c \sqrt{K_a})$$

$$= 57.4 \times 0.438 - 0$$

$$= 25.15 \text{ kN/m}^2$$

#### - Titik 2 atas

$$\sigma_{v2a} = q + (\gamma'_1 \times h_1)$$

$$= 57.4 + (8.2 \times 3)$$

$$= 82 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{H2a} = (\sigma_v \times K_a) - (2c \sqrt{K_a})$$

$$= 82 \times 0.438 - 0$$

$$= 35.92 \text{ kN/m}^2$$

- Titik 2 bawah

$$\begin{aligned}
 \sigma_{v2b} &= q + (\gamma'_2 \times h_2) \\
 &= 82 + (6.4 \times 3) \\
 &= 101.2 \text{ kN/m}^2 \\
 \sigma_{H2b} &= (\sigma_v \times K_a) - (2c \sqrt{K_a}) \\
 &= 101.2 \times 0.32 - 0 \\
 &= 32.39 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

- Titik 3 atas

$$\begin{aligned}
 \sigma_{v3a} &= q + (\gamma'_2 \times h_2) \\
 &= 101.2 + (6.4 \times 3) \\
 &= 120.4 \text{ kN/m}^2 \\
 \sigma_{H3a} &= (\sigma_v \times K_a) - (2c \sqrt{K_a}) \\
 &= 120.4 \times 0.32 - 0 \\
 &= 38.54 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

- Titik 3 bawah

$$\begin{aligned}
 \sigma_{v3b} &= q + (\gamma'_3 \times h_3) \\
 &= 120.4 + (7.9 \times 3) \\
 &= 144.1 \text{ kN/m}^2 \\
 \sigma_{H3b} &= (\sigma_v \times K_a) - (2c \sqrt{K_a}) \\
 &= (144.1 \times 0.32) - (2 \times 100 \times \sqrt{0.49}) \\
 &= -69.39 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

- Titik 4

$$\begin{aligned}
 \sigma_{v4} &= q + (\gamma'_3 \times h_3) \\
 &= 144.1 + (7.9 \times 2) \\
 &= 159.9 \text{ kN/m}^2 \\
 \sigma_{H4} &= (\sigma_v \times K_a) - (2c \sqrt{K_a}) \\
 &= (159.9 \times 0.49) - (2 \times 100 \times \sqrt{0.49}) \\
 &= -61.64 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

- Titik O

$$\begin{aligned}
 \sigma_{vo} &= q + (\gamma'_3 \times D_o) \\
 &= 159.9 + (7.9 \times D_o)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 7.9 D_o + 159.9 \text{ kN/m}^2 \\
 \sigma_{H_o} &= (\sigma_v \times K_a) - (2c \sqrt{K_a}) \\
 &= (7.9 D_o + 159.9) \times 0.49 - (2 \times 100 \times \sqrt{0.49}) \\
 &= 3.871 D_o - 61.69 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

## f. Tekanan Tanah Pasif

## - Titik 4

$$\begin{aligned}
 \sigma_{v4} &= q \\
 &= 0 \text{ kN/m}^2 \\
 \sigma_{H4} &= (\sigma_v \times K_p) + (2c \sqrt{K_p}) \\
 &= 0 + 2 \times 100 \times \sqrt{2.04} \\
 &= 285.63 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

## - Titik O

$$\begin{aligned}
 \sigma_{v_o} &= q + (\gamma'_3 \times D_o) \\
 &= 0 + (7.9 \times D_o) \\
 &= 7.9 D_o \text{ kN/m}^2 \\
 \sigma_{H_o} &= (\sigma_v \times K_p) + (2c \sqrt{K_p}) \\
 &= (7.9 D_o \times 2.04) + (2 \times 100 \times \sqrt{2.04}) \\
 &= 16.116 D_o + 285.63 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

## g. Tekanan Air Aktif

$$\begin{aligned}
 \sigma_w &= \gamma'_w \times (D_o + 8) \\
 &= 10 \times (D_o + 8) \\
 &= (10 D_o + 80) \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

## h. Tekanan Air Pasif

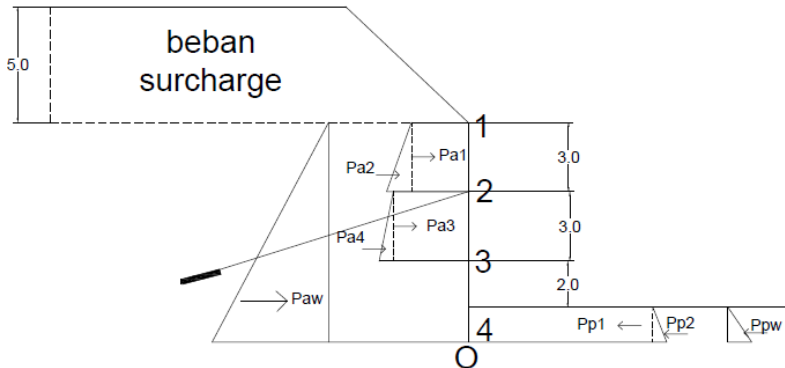
$$\begin{aligned}
 \sigma_w &= \gamma'_w \times D_o \\
 &= 10 D_o \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

## 3. Perhitungan Tekanan Aktif dan Pasif

$$\begin{aligned}
 \text{a. } P_{a11} &= \sigma_{H1} \times y_1 \\
 &= 25.15 \times 3 \\
 &= 75.44 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{b. } Pa_{I2} &= \frac{1}{2} (\sigma_{H2a} - \sigma_{H1}) \times y_1 \\
&= \frac{1}{2} (35.92 - 25.15) \times 3 \\
&= 16.17 \text{ kN/m} \\
\text{c. } Pa_{II1} &= \sigma_{H2b} \times y_2 \\
&= 32.39 \times 3 \\
&= 97.18 \text{ kN/m} \\
\text{d. } Pa_{II2} &= \frac{1}{2} (\sigma_{H3a} - \sigma_{H2b}) \times y_2 \\
&= \frac{1}{2} (38.54 - 32.39) \times 3 \\
&= 9.22 \text{ kN/m} \\
\text{e. } Pa_{III1} &= \sigma_{H3b} \times y_3 \\
&= -69.39 \times 2 \\
&= -138.78 \text{ kN/m} \\
&\quad (\text{karena nilainya negatif maka dianggap } 0) \\
\text{f. } Pa_{III2} &= \frac{1}{2} (\sigma_{H4} - \sigma_{H3b}) \times y_2 \\
&= (\text{karena nilainya negatif maka dianggap } 0) \\
\text{g. } Pa_{IV1} &= \sigma_{H4} \times Do \\
&= (\text{karena nilainya negatif maka dianggap } 0) \\
\text{h. } Pa_{IV2} &= \frac{1}{2} (\sigma_{H5} - \sigma_{H4}) \times Do \\
&= (\text{karena nilainya negatif maka dianggap } 0) \\
\text{i. } Paw &= \frac{1}{2} \sigma_w (Do+8) \\
&= \frac{1}{2} (10 Do+8) \times (Do+8) \\
&= 5 Do^2 + 80 Do + 320 \\
\text{j. } Pp_1 &= \sigma_{H4} \times Do \\
&= 285.63 Do \text{ kN/m} \\
\text{k. } Pp_2 &= \frac{1}{2} (\sigma_{HO} - \sigma_{H4}) \times Do \\
&= \frac{1}{2} (16.116 Do + 285.63 - 285.63) \times Do \\
&= 8.058 Do^2 \\
\text{l. } Ppw &= \frac{1}{2} \sigma_w \times Do \\
&= \frac{1}{2} (10 Do) \times Do \\
&= 5 Do^2
\end{aligned}$$

Pada Gambar 4.33 dapat dilihat hasil dari perhitungan tegangan dan tekanan tanah lateral pada *soldier pile* dengan kombinasi *ground anchor* pada kondisi tanah *behaving like sand*.



Gambar 4.33 Diagram tekanan tanah lateral *soldier pile* dengan kombinasi *ground anchor* tanpa subdrain

#### 4. Perhitungan Kedalaman Turap

Untuk perhitungan momen yang terjadi pada turap dapat dilihat pada Tabel 4.9 dan Tabel 4.10 sebagai berikut:

Tabel 4.9 Gaya aktif *soldier pile* dan *ground anchor*

| Ket       | $P_{ai}$ (kN) | Ph lengan (m) | Ph momen (kN.m) |
|-----------|---------------|---------------|-----------------|
| PaI1      | 75.44         | 1.50          | -113.16         |
| PaI2      | 16.17         | 1.00          | -16.17          |
| PaII1     | 97.18         | 1.50          | 145.77          |
| PaII2     | 9.22          | 2.00          | 18.44           |
| PaIII1    | 0.00          | $4+D_o$       | 0.00            |
| PaIII2    | 0.00          | $11/3+D_o$    | 0.00            |
| PaIV<br>1 | 0.00          | $5+0.5 D_o$   | 0.00            |

|           |                                  |                       |                                                 |
|-----------|----------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------|
| PaIV<br>2 | 0.00                             | 5+2/3 Do              | 0.00                                            |
| Pa w      | $\frac{5}{Do^2+80Do+320}$        | $\frac{7/3+2/3Do}{o}$ | $\frac{10/3 Do^3+195/3 Do^2+400 Do+2240/3}{Do}$ |
| $\Sigma$  | $\frac{5 Do^2+48 Do+262.01}{Do}$ |                       | $\frac{10/3 Do^3+195/3 Do^2+400 Do+781.55}{Do}$ |

Tabel 4.10 Gaya pasif turap kantilever *behaving like sand*

| Ket      | Ppi (kN)              | Ph<br>lengan<br>(m)   | Ph momen (kN.m)                          |
|----------|-----------------------|-----------------------|------------------------------------------|
| Pp1      | 285.63 Do             | $0.5Do + \frac{5}{5}$ | $-142.815 Do^2 - 1428.15 Do$             |
| Pp2      | $8.058 Do^2$          | $\frac{2/3Do + 5}{5}$ | $-16/3 Do^3 - 40 Do^2$                   |
| Pp<br>w  | $5 Do^2$              | $\frac{2/3Do + 5}{5}$ | $-10/3 Do^3 - 25 Do^2$                   |
| $\Sigma$ | $13 Do^2 + 285.63 Do$ |                       | $-26/3 Do^3 - 207.815 Do^2 - 1428.15 Do$ |

$$\Sigma \text{Momen} = \Sigma \text{Momen aktif} + \Sigma \text{Momen pasif}$$

$$\Sigma \text{Momen} = -26/3 Do^3 - 207.815 Do^2 - 1428.15 Do$$

$$Do = 0.7 \text{ meter} \approx 1 \text{ meter}$$

$$D = SF \times Do = 1.5 \times 1 = 1.5 \text{ meter}$$

$$\text{Panjang total turap} = 8 + 1.5 = 9.5 \text{ meter}$$

##### 5. Gaya Tarik Angkur Berturap

Untuk D = 1 meter

$$T = \Sigma P_a - \Sigma P_p$$

$$\Sigma P_a = 5 Do^2 + 48 Do + 262.01$$

$$= 5 (1)^2 + 48 (1) + 262.01 = 315.01 \text{ kN}$$

$$\Sigma P_p = 13 Do^2 + 285.63 Do$$

$$= 13 (1)^2 + 285.63 (1) = 298.63 \text{ kN}$$

$$T = 315.01 - 298.63 = 16.38 \text{ kN}$$

#### 6. Momen maksimum

Momen maksimum diasumsikan terletak di atas dasar galian dan  $x = 0$  terletak pada perpotongan turap dengan *ground anchor*. Nilai  $x$  positif, bila arahnya ke bawah dihitung dari perpotongan dengan *ground anchor*.

$$\sum H = 0$$

$$Pa_1 + Pa_2 + Pa_3 + Pa_4 + \sigma_{H3b} \cdot x + \frac{1}{2} (\sigma_{H4} - \sigma_{H3b}) \cdot x - T = 0$$

$$75.44 + 16.17 + 97.18 + 9.22 + (-69.39) \cdot x + \frac{1}{2} (-61.64 + 69.39) \cdot x - 6.38 = 0$$

$$-65.515 x = 181.63$$

$$x = 2.78 \text{ meter}$$

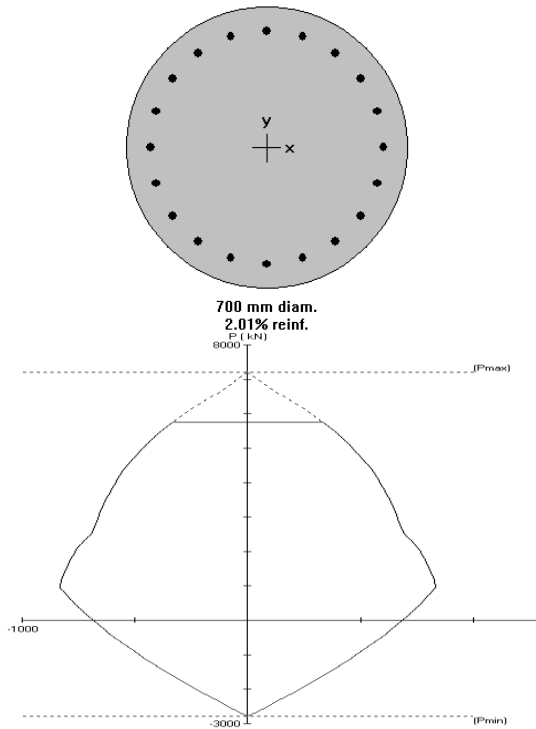
Jarak  $x = 2.78$  meter di bawah perpotongan turap dengan *ground anchor* atau  $(5 - 2.78) = 2.22$  meter di atas dasar galian. Jadi asumsi bahwa momen maksimum berada di atas dasar galian benar.

$$\begin{aligned} M_{\text{maks}} &= 75.44 \times (1.5 + 2.78) + 16.17 \times (1 + 2.78) + 97.18 \times \left(\frac{1}{2} \times 2.78\right) + \\ &9.22 \times \left(\frac{1}{3} \times 2.78\right) + 378.45 \left(\frac{2}{3} \times 8.7 - 5.78\right) - 99.941 \times \left(\frac{1}{2} \times 0.7 + 2.22\right) - 3.95 \\ &\times \left(\frac{2}{3} \times 0.7 + 2.22\right) - 2.45 \times \left(\frac{2}{3} \times 0.7 + 2.22\right) \\ &= 322.88 + 61.12 + 98.57 + 8.54 + 378.25 - 513.85 - 10.61 - 6.58 \\ &= 338.92 \text{ kNm} \end{aligned}$$

#### Perencanaan *Soldier Pile*

Dengan menggunakan program *pca Column*, direncanakan *soldier pile* berukuran 700mm dengan mutu beton K350 dan mutu tulangan 400 Mpa. Direncanakan tulangan utama berdiameter 22 mm dengan jumlah tulangan 20. Gambar diagram interaksi penulangan dari *pca Column* dapat dilihat pada Gambar 4.34.





Gambar 4.34 Diagram interaksi penulangan *soldier pile* dengan asumsi tanah *behaving like sand*

Dari hasil perhitungan, didapatkan data *soldier pile* sebagai berikut:

Diameter = 700mm

$E_c$  = 23453 MPa

$I_x = I_y$  = 1180000 cm<sup>4</sup>

$\phi M_n$  = 696.7 kNm

$Z = \frac{696.7 \text{ kNm}}{29050 \text{ kN/m}^2} = 23982 \text{ cm}^3$

b. Tulangan Geser

Dari hasil SAP2000 dipakai pembebanan gaya geser terbesar pada *soldier pile* dimana  $V_u = 145412$  N. Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.1.1 desain penampang yang dikenai geser harus didasarkan pada:

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_u = 172339 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} V_c &= 0.17 \lambda \sqrt{f'_c} \times \frac{1}{4} \pi D^2 \\ &= 0.17 \times 1 \times \sqrt{29.05} \times \frac{1}{4} \pi 1000^2 \\ &= 719634 \text{ N} \end{aligned}$$

Direncanakan sengkang spiral D13 dengan jarak 200mm.  $V_s$

$$= \frac{A_v \times f_{yt} \times d}{s}$$

$$A_v = 2 \times \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$= 2 \times \frac{1}{4} \pi 13^2$$

$$= 265.46 \text{ mm}^2$$

$$d = 1000 - 40 - 13 - 0.5 \times 32 = 831 \text{ mm}$$

$$f_y = 240 \text{ MPa}$$

$$V_s = \frac{265.46 \times 240 \times 831}{200}$$

$$= 264716.71 \text{ N}$$

$$V_n = 719634 + 264716.71 \text{ N}$$

$$= 984350.71 \text{ N}$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$0.75 \times 984350.71 \text{ N} \geq 145412 \text{ N}$$

$$738263 \text{ N} \geq 145412 \text{ N (OK!)}$$

### Cek penampang profil

$$\begin{aligned} Z_0 &= \frac{M_{\text{desain}}}{\sigma_{\text{allow}}} \times 10^6 \\ &= \frac{1424.82}{240000} \times 10^6 \end{aligned}$$

$$= 5936 \text{ cm}^3$$

$$\begin{array}{rcl} Z_0 & \leq & Z \\ 5936 \text{ cm}^3 & \leq & 23982 \text{ cm}^3 \text{ (OK)} \end{array}$$

### Perencanaan Ground Anchor

Digunakan jarak antar *ground anchor* 2.5 meter

$$\text{Maka } T = 2.5 \times 16.38 = 32.76 \text{ kNm}$$

Menentukan panjang *grouting* yaitu dengan menggunakan persamaan 2.20 dengan nilai SF = 2.5, diameter 20 cm, dan nilai C = 50 kN/m<sup>2</sup>.

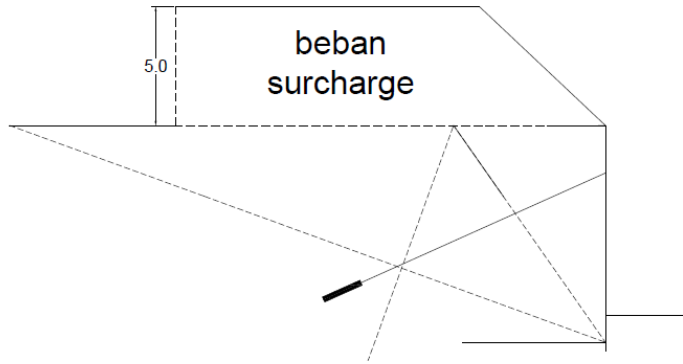
Untuk keseluruhan perhitungan P (gaya *anchor*) dan L (panjang *grouting*) dapat dilihat di lampiran.

$$P \times SF = C \times \pi \times D \times L$$

$$\begin{aligned} L &= \frac{P \times SF}{C \times \pi \times D} \\ &= \frac{32.76 \times 2.5}{50 \times \pi \times 0.2} \\ &= 2.6 \text{ meter} \approx 3 \text{ meter} \end{aligned}$$

Menentukan lokasi angkur

$$\begin{aligned} L_{\min} &= \frac{H}{2 \tan \phi} + \frac{h}{\tan(45^\circ - \frac{\phi}{2})} \\ &= \frac{8}{2 \tan 23^\circ} + \frac{3}{\tan(45^\circ - \frac{23^\circ}{2})} \\ &= 9.4 + 4.5 \\ &= 13.9 \text{ meter} \approx 14 \text{ meter} \end{aligned}$$



Gambar 4.35 Sketsa rencana lokasi pemasangan angkur

### Perencanaan Walling

Direncanakan baja profil WF 300x150x6x8 dengan data sebagai berikut:

$$D = 298 \text{ mm}$$

$$B_f = 149 \text{ mm}$$

$$T_w = 5.5 \text{ mm}$$

$$T_f = 8 \text{ mm}$$

$$\sigma_{allow} = 240 \text{ MPa} = 240000 \text{ kN/m}^2 \text{ (BJ37)}$$

$$Z = 455 \text{ cm}^3$$

*Max bending moment in the wale*

$$M = T \times L$$

$$= 32.76 \times 2.5$$

$$= 81.9 \text{ kNm}$$

Cek penampang profil (*required section modulus*)

$$Z_0 = \frac{M}{2 \times \sigma_{allow}} \times 10^6$$

$$Z_0 = \frac{81.9}{2 \times 240000} \times 10^6 = 170.625 \text{ cm}^3$$

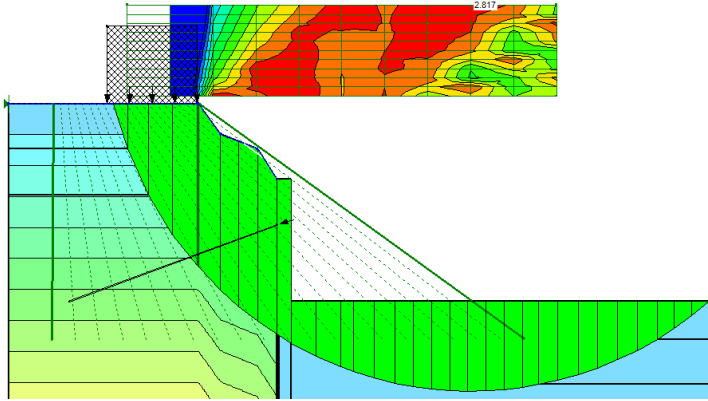
$$Z_0 \leq Z$$

$$170.625 \text{ cm}^3 \leq 455 \text{ cm}^3 \text{ (OK)}$$

Digunakan profil WF 300x150x6x8 sebanyak 1 buah.

## 7. Hasil Analisa dari *Software* Geoslope

Hasil analisa menggunakan *software* Geoslope dapat dilihat pada gambar 4.36 di bawah ini.



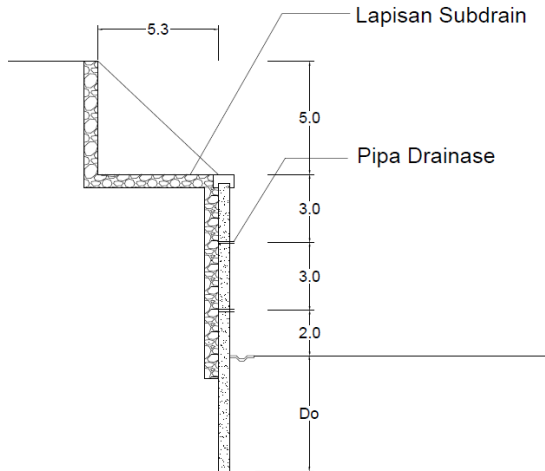
Gambar 4.36 *Safety factor* kombinasi *ground anchor* dan *soldier pile*

Berdasarkan hasil analisa *software* Geoslope, didapatkan nilai *safety factor* yang terjadi sebesar 2.817. Dengan nilai  $SF = 2.817$ , maka desain kombinasi *soldier pile* dan *ground anchor* **aman** terhadap kelongsoran.

## 4.5 Perencanaan Perkuatan dengan Menggunakan *Subdrain*

### 4.5.1 Perencanaan *Subdrain* pada Lereng

Untuk menjaga muka air tanah agar tidak stinggi lereng, maka digunakan *subdrain* untuk mempercepat penurunan muka air tanah. Dalam perencanaan ini digunakan *subdrain* dengan diameter 40 cm dengan material kerikil dan *geotextile non woven* sebagai pelapis agar butiran tanah tidak menyumbat lapisan *subdrain*. Perencanaan pemasangan *subdrain* dapat dilihat pada Gambar 4.29

Gambar 4.37 Rencana *Subdrain*

#### 4.5.2 Perencanaan Perkuatan Turap *Soldier Pile*

Perencanaan perkuatan ini menggunakan data tanah asumsi *behaving like sand* pada potongan 2.

##### 1. Perhitungan koefisien tekanan tanah

Koefisien tekanan tanah aktif dan pasif diperoleh dengan menggunakan rumus Rankine yaitu:

- a. Koefisien tekanan tanah aktif menggunakan rumus 2.7

$$K_a = \tan^2\left(45^\circ - \frac{\phi}{2}\right), \text{ dimana:}$$

$$\begin{aligned} K_{a1} &= \tan^2\left(45^\circ - \frac{23}{2}\right) \\ &= 0.438 \end{aligned}$$

- b. Koefisien tekanan tanah pasif menggunakan rumus 2.11

$$K_p = \tan^2\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right), \text{ dimana:}$$

$$\begin{aligned} K_{p1} &= \tan^2\left(45^\circ + \frac{23}{2}\right) \\ &= 2.283 \end{aligned}$$

Hasil dari perhitungan koefisien tekanan tanah aktif dan koefisien tekanan tanah pasif dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Data perencanaan *soldier pile*

| Jenis Tanah      | Kedalaman  | $\gamma'$            | Cu                   | $\phi$ | Ka    | Kp    |
|------------------|------------|----------------------|----------------------|--------|-------|-------|
|                  |            | (kN/m <sup>3</sup> ) | (kN/m <sup>3</sup> ) |        |       |       |
| Lempung Berpasir | 0-3 meter  | 8.2                  | 0                    | 23     | 0.438 | 2.283 |
| Lempung Padat    | 3-6 meter  | 6.4                  | 0                    | 31     | 0.320 | 3.124 |
| Batuan Lempung   | 6-20 meter | 7.9                  | 100                  | 20     | 0.490 | 2.040 |

## 2. Perhitungan $\sigma_v$ dan $\sigma_H$

$$\begin{aligned}
 q &= q \text{ surcharge} + (\gamma'_1 \times h_1) + (\gamma'_2 \times h_2) \\
 &= 20 + (8.2 \times 3) + (6.4 \times 2) \\
 &= 57.4 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

### a. Tekanan Tanah Aktif

#### - Titik 1

$$\begin{aligned}
 \sigma_{v1} &= q \\
 &= 57.4 \text{ kN/m}^2 \\
 \sigma_{H1} &= (\sigma_v \times K_a) - (2c \sqrt{K_a}) \\
 &= 57.4 \times 0.438 - 0 \\
 &= 25.15 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

#### - Titik 2 atas

$$\begin{aligned}
 \sigma_{v2a} &= q + (\gamma'_1 \times h_1) \\
 &= 57.4 + (8.2 \times 3) \\
 &= 82 \text{ kN/m}^2 \\
 \sigma_{H2a} &= (\sigma_v \times K_a) - (2c \sqrt{K_a}) \\
 &= 82 \times 0.438 - 0 \\
 &= 35.92 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

#### - Titik 2 bawah

$$\begin{aligned}
 \sigma_{v2b} &= q + (\gamma'_2 \times h_2) \\
 &= 82 + (6.4 \times 3) \\
 &= 101.2 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma_{H2b} &= (\sigma_v \times Ka) - (2c \sqrt{Ka}) \\
 &= 101.2 \times 0.32 - 0 \\
 &= 32.39 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

- Titik 3 atas

$$\begin{aligned}
 \sigma_{v3a} &= q + (\gamma'_2 \times h_2) \\
 &= 101.2 + (6.4 \times 3) \\
 &= 120.4 \text{ kN/m}^2 \\
 \sigma_{H3a} &= (\sigma_v \times Ka) - (2c \sqrt{Ka}) \\
 &= 120.4 \times 0.32 - 0 \\
 &= 38.54 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

- Titik 3 bawah

$$\begin{aligned}
 \sigma_{v3b} &= q + (\gamma'_3 \times h_3) \\
 &= 120.4 + (7.9 \times 3) \\
 &= 144.1 \text{ kN/m}^2 \\
 \sigma_{H3b} &= (\sigma_v \times Ka) - (2c \sqrt{Ka}) \\
 &= (144.1 \times 0.32) - (2 \times 100 \times \sqrt{0.49}) \\
 &= -69.39 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

- Titik 4

$$\begin{aligned}
 \sigma_{v4} &= q + (\gamma'_3 \times h_3) \\
 &= 144.1 + (7.9 \times 2) \\
 &= 159.9 \text{ kN/m}^2 \\
 \sigma_{H4} &= (\sigma_v \times Ka) - (2c \sqrt{Ka}) \\
 &= (159.9 \times 0.49) - (2 \times 100 \times \sqrt{0.49}) \\
 &= -61.64 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

- Titik O

$$\begin{aligned}
 \sigma_{vo} &= q + (\gamma'_3 \times Do) \\
 &= 159.9 + (7.9 \times Do) \\
 &= 7.9 Do + 159.9 \text{ kN/m}^2 \\
 \sigma_{Ho} &= (\sigma_v \times Ka) - (2c \sqrt{Ka}) \\
 &= (7.9 Do + 159.9) \times 0.49 - (2 \times 100 \times \sqrt{0.49})
 \end{aligned}$$



$$= 3.871 \text{ Do} - 61.69 \text{ kN/m}^2$$

b. Tekanan Tanah Pasif

- Titik 4

$$\begin{aligned}\sigma_{v4} &= q \\ &= 0 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{H4} &= (\sigma_v \times K_p) + (2c \sqrt{K_p}) \\ &= 0 + 2 \times 100 \times \sqrt{2.04} \\ &= 285.63 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

- Titik O

$$\begin{aligned}\sigma_{vo} &= q + (\gamma'_3 \times \text{Do}) \\ &= 0 + (7.9 \times \text{Do}) \\ &= 7.9 \text{ Do kN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{Ho} &= (\sigma_v \times K_p) + (2c \sqrt{K_p}) \\ &= (7.9 \text{ Do} \times 2.04) + (2 \times 100 \times \sqrt{2.04}) \\ &= 16.116 \text{ Do} + 285.63 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

c. Tekanan Air

$$\begin{aligned}\sigma_w &= \gamma'_w \times \text{Do} \\ &= 10 \text{ Do kN/m}^2\end{aligned}$$

Karena muka air tanah setinggi permukaan dasar galian setelah diberi subdrain maka, tekanan air aktif dan tekanan air pasif hilang karena saling mengurangi.

3. Perhitungan Tekanan Aktif dan Pasif

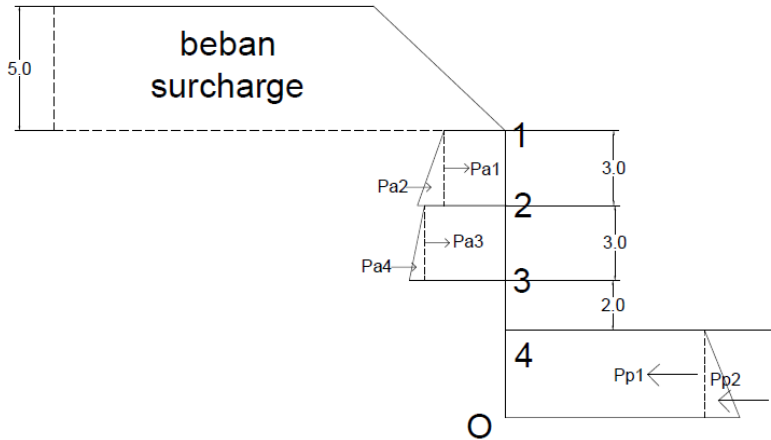
$$\begin{aligned}\text{a. } Pa_{I1} &= \sigma_{H1} \times y_1 \\ &= 25.15 \times 3 \\ &= 75.44 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{b. } Pa_{I2} &= \frac{1}{2} (\sigma_{H2a} - \sigma_{H1}) \times y_1 \\ &= \frac{1}{2} (35.92 - 25.15) \times 3 \\ &= 16.17 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{c. } Pa_{III} &= \sigma_{H2b} \times y_2 \\ &= 32.39 \times 3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 97.18 \text{ kN/m} \\
 \text{d. } Pa_{II2} &= \frac{1}{2} (\sigma_{H3a} - \sigma_{H2b}) \times y_2 \\
 &= \frac{1}{2} (38.54 - 32.39) \times 3 \\
 &= 9.22 \text{ kN/m} \\
 \text{e. } Pa_{III1} &= \sigma_{H3b} \times y_3 \\
 &= -69.39 \times 2 \\
 &= -138.78 \text{ kN/m} \\
 &\quad (\text{karena nilainya negatif maka dianggap } 0) \\
 \text{f. } Pa_{III2} &= \frac{1}{2} (\sigma_{H4} - \sigma_{H3b}) \times y_2 \\
 &= (\text{karena nilainya negatif maka dianggap } 0) \\
 \text{g. } Pa_{IV1} &= \sigma_{H4} \times Do \\
 &= (\text{karena nilainya negatif maka dianggap } 0) \\
 \text{h. } Pa_{IV2} &= \frac{1}{2} (\sigma_{H5} - \sigma_{H4}) \times Do \\
 &= (\text{karena nilainya negatif maka dianggap } 0) \\
 \text{i. } Pp_1 &= \sigma_{H4} \times Do \\
 &= 285.63 \text{ Do kN/m} \\
 \text{j. } Pp_2 &= \frac{1}{2} (\sigma_{H0} - \sigma_{H4}) \times Do \\
 &= \frac{1}{2} (16.116 \text{ Do} + 285.63 - 285.63) \times Do \\
 &= 8.058 \text{ Do}^2
 \end{aligned}$$

Pada Gambar 4.38 dapat dilihat hasil dari perhitungan tekanan tanah lateral pada *soldier pile*.



Gambar 4.38 Diagram tekanan tanah lateral *soldier pile* menggunakan subdrain

#### 4. Perhitungan Kedalaman Turap

Untuk perhitungan momen yang terjadi pada turap dapat dilihat pada Tabel 4.12 dan Tabel 4.13 sebagai berikut:

Tabel 4.12 Gaya aktif turap kantilever *behaving like sand*

| Ket      | $P_{ai}$ (kN) | Ph lengan (m) | Ph momen (kN.m)      |
|----------|---------------|---------------|----------------------|
| PaI1     | 75.44         | $6.5 + D_o$   | $75.44 D_o + 490.36$ |
| PaI2     | 16.17         | $6 + D_o$     | $16.17 D_o + 97.02$  |
| PaII1    | 97.18         | $3.5 + D_o$   | $97.18 D_o + 340.13$ |
| PaII2    | 9.22          | $3 + D_o$     | $21.03 D_o + 63.09$  |
| PaIII1   | 0.00          | $1 + D_o$     | 0.00                 |
| PaIII2   | 0.00          | $2/3 + D_o$   | 0.00                 |
| PaIV1    | 0.00          | $0.5 D_o$     | 0.00                 |
| PaIV2    | 0.00          | $1/3 D_o$     | 0.00                 |
| $\Sigma$ | 198.01        |               | $209.82 D_o + 990.6$ |

Tabel 4.13 Gaya pasif turap kantilever *behaving like sand*

| Ket | Ppi (kN)                     | Ph lengan (m) | Ph momen (kN.m)                               |
|-----|------------------------------|---------------|-----------------------------------------------|
| Pp1 | 285.63 Do                    | 0.5 Do        | -142.815 Do <sup>2</sup>                      |
| Pp2 | 8 Do <sup>2</sup>            | 1/3 Do        | -8/3 Do <sup>3</sup>                          |
| Σ   | 8 Do <sup>2</sup> +285.63 Do |               | -8/3 Do <sup>3</sup> -142.815 Do <sup>2</sup> |

$$\Sigma \text{Momen} = \Sigma \text{Momen aktif} + \Sigma \text{Momen pasif}$$

$$\Sigma \text{Momen} = -8/3 \text{ Do}^3 - 142.815 \text{ Do}^2 + 209.82 \text{ Do} + 990.6$$

$$\text{Do} = 3.33 \text{ meter}$$

$$\text{D} = \text{SF} \times \text{Do} = 1.5 \times 3.33 = 5 \text{ meter}$$

$$\text{Panjang total turap} = 8 + 5 = 13 \text{ meter}$$

#### 5. Perhitungan Momen Maksimum

$$\text{Mx} = -8/3 \text{ Do}^3 - 142.815 \text{ Do}^2 + 209.82 \text{ Do} + 990.6$$

$$\text{Mx/Dx} = -8 \text{ x}^2 - 285.63 \text{ x} + 209.82$$

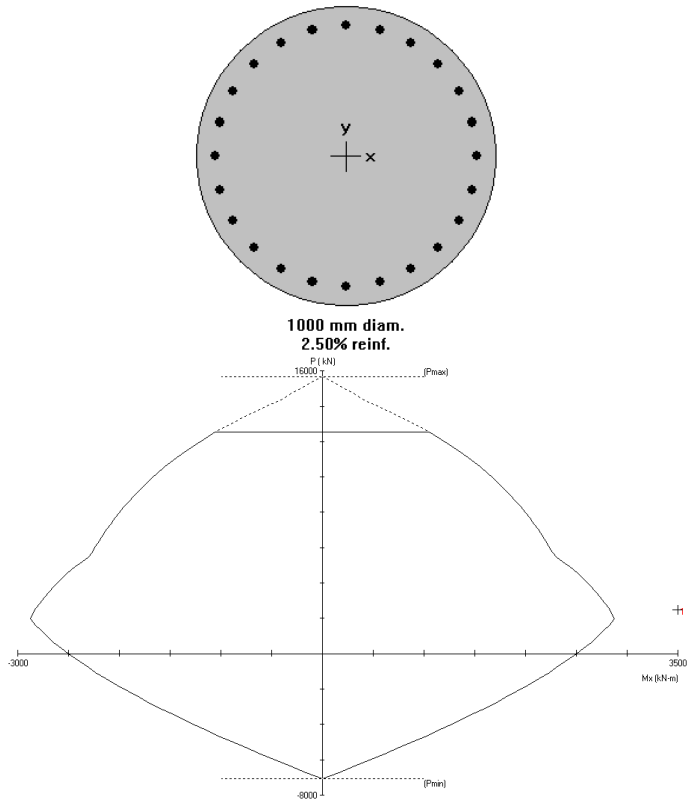
$$\text{x} = 0.72 \text{ meter}$$

$$\begin{aligned} \text{M}_{\text{maks}} &= -8/3(0.72)^3 - 142.815(0.72)^2 + 209.82(0.72) + 990.6 \\ &= 1066.64 \text{ kNm} \end{aligned}$$

### 4.4.1 Perencanaan *Soldier Pile*

#### a. Perencanaan Tulangan Utama

Dengan menggunakan program pca Column, direncanakan *soldier pile* berukuran 1000mm dengan mutu beton K350 dan mutu tulangan 400 Mpa. Direncanakan tulangan utama berdiameter 32 mm dengan jumlah tulangan 24. Gambar diagram interaksi penulangan dari pca Column dapat dilihat pada Gambar 4.39.



Gambar 4.39 Diagram interaksi penulangan *soldier pile* dengan asumsi tanah *behaving like sand*

Dari hasil perhitungan, didapatkan data *soldier pile* sebagai berikut:

|             |                           |
|-------------|---------------------------|
| Diameter    | = 1000mm                  |
| $E_c$       | = 23453 MPa               |
| $I_x = I_y$ | = 4908740 cm <sup>4</sup> |
| $\phi M_n$  | = 2826.9 kNm              |
| Z           | = 97311 cm <sup>3</sup>   |

b. Tulangan Geser

Dari hasil SAP2000 dipakai pembebanan gaya geser terbesar pada *soldier pile* dimana  $V_u = 129900$  N. Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.1.1 desain penampang yang dikenai geser harus didasarkan pada:

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_u = 129900 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} V_c &= 0.17 \lambda \sqrt{f'_c} \times \frac{1}{4} \pi D^2 \\ &= 0.17 \times 1 \times \sqrt{29.05} \times \frac{1}{4} \pi 1000^2 \\ &= 719634 \text{ N} \end{aligned}$$

Direncanakan sengkang spiral D13 dengan jarak 200mm.  $V_s$

$$= \frac{A_v \times f_{yt} \times d}{s}$$

$$A_v = 2 \times \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$= 2 \times \frac{1}{4} \pi 13^2$$

$$= 265.46 \text{ mm}^2$$

$$d = 1000 - 40 - 13 - 0.5 \times 32 = 831 \text{ mm}$$

$$f_y = 240 \text{ MPa}$$

$$V_s = \frac{265.46 \times 240 \times 831}{200}$$

$$= 264716.71 \text{ N}$$

$$V_n = 719634 + 264716.71 \text{ N}$$

$$= 984350.71 \text{ N}$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$0.75 \times 984350.71 \text{ N} \geq 129900 \text{ N}$$

$$738263 \text{ N} \geq 129900 \text{ N (OK!)}$$

**Cek penampang profil**

$$\begin{aligned} Z_0 &= \frac{M_{\text{desain}}}{\sigma_{\text{allow}}} \times 10^6 \\ &= \frac{1066.64}{240000} \times 10^6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 4444,33 \text{ cm}^3 \\
 Z_0 &\leq Z \\
 4444,33 \text{ cm}^3 &\leq 97311 \text{ cm}^3 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

## 2. Defleksi *Soldier Pile*

Hasil analisa program SAP 2000, didapat defleksi *Soldier Pile* seperti pada Gambar 4.40 di bawah ini:

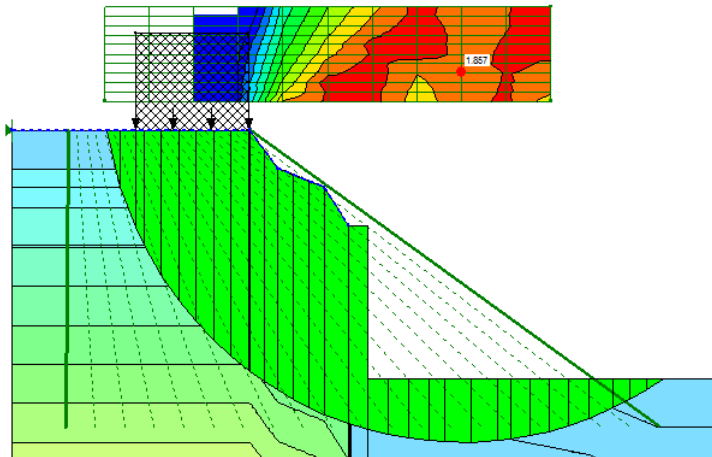


Gambar 4.40 Defleksi *Soldier Pile*

Defleksi = 0.0021 m  
= 2.1 mm

## 3. Hasil Analisa dari *Software Geoslope*

Hasil analisa menggunakan *software Geoslope* dapat dilihat pada gambar 4.41 di bawah ini.



Gambar 4.41 *Safety factor soldier pile dengan subdrain*

Berdasarkan hasil analisa *software* Geoslope, didapatkan nilai *safety factor* yang terjadi sebesar 1.891. Dengan nilai SF = 1.857, maka desain *soldier pile* **aman** terhadap kelongsoran.

#### 4. Perencanaan *Capping Beam*

Perencanaan *capping beam* pada Tugas Akhir ini hanya berfungsi sebagai pengikat antar *soldier pile*. Karena pada perencanaan *soldier pile* perhitungannya menggunakan tiang tunggal, sehingga tidak ada momen yang terjadi pada *capping beam*. Untuk penulangan *capping beam* hanya menggunakan tulangan susut sesuai dengan SNI 2847-2013 pasal 7.12.2.1.

Data perencanaannya sebagai berikut:

b = 1.2 meter

h = 1 meter

fc' = 29.05 MPa (K350)

Cover = 40 mm

Diameter tulangan = 19 mm

d =  $1000 - 40 - 13 - 19/2 = 937.5$  mm

$\rho$  perlu =  $\rho$  minimum = 0.0018

As perlu =  $0.0018 \times 1000 \times 937.5 = 1687.5 \text{ mm}^2$

Maka, digunakan tulangan D19-150

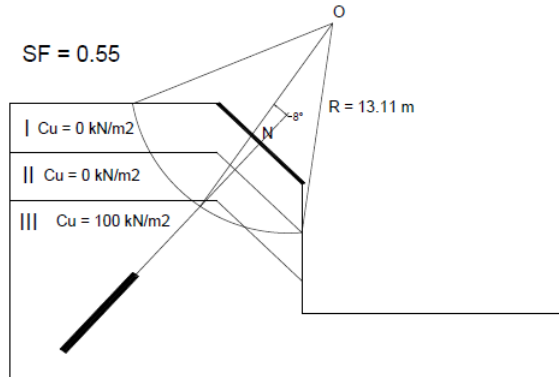
Untuk tulangan bagi dipakai 20% As =  $337.5 \text{ mm}^2$

Maka, digunakan tulangan D13-200

#### 4.5.3 Perencanaan *Ground Anchor*

Berikut adalah gambar tampak samping talud beserta data kuat geser undrained (Cu) dan juga konsistensi tanah (Gambar 4.42), yang dimana akan dihitung  $\Delta$ MR yang akan dipikul oleh *ground anchor* serta jumlah *ground anchor* yang dibutuhkan.





Gambar 4.42 Bidang kelongsoran dan rencana pemasangan *anchor*

Direncanakan 2 buah *ground anchor* dipasang dengan jarak 2 meter dengan diameter *grouting* sebesar 0.3 m dengan nilai  $C = 100 \text{ kN/m}^2$ . Berikut adalah perhitungan nilai  $\Delta MR$ , gaya prategang ( $N$  *anchor*) yang diterima tiap *anchor* dan juga panjang lekatan atau panjang *grouting* ( $L$ ) yang dibutuhkan untuk perkuatan talud.

Dengan persamaan 2.14 didapat nilai  $M$  dorong sebesar:

$$\begin{aligned} M_{\text{dorong}} &= \frac{M_{\text{resisten}}}{SF} \\ &= \frac{4170.5}{0.55} \\ &= 7582.73 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Kemudian mencari  $M$  resisting rencana dengan  $SF$  rencana = 1,1

$$\begin{aligned} M_{\text{resisten rencana}} &= M_{\text{dorong}} \times SF_{\text{rencana}} \\ &= 7582.73 \times 1.1 \\ &= 6893.39 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Maka didapat nilai  $\Delta MR$  yaitu nilai momen yang akan dipikul oleh *ground anchor* adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \Delta MR &= M_{\text{resisten rencana}} - M_{\text{resisten yang terjadi}} \\ &= 6893.39 - 4170.5 \\ &= 2722.89 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Dikarenakan *ground anchor* direncanakan setiap 2 meter, maka nilai momen yang dipikul *ground anchor* harus dikali 2:

$$\begin{aligned}\Delta MR &= 2722.89 \times 2 \\ &= 5445.78 \text{ kNm}\end{aligned}$$

Perhitungan N (gaya pra-tegang tegak lurus bidang longsor) dengan menggunakan persamaan 2.34:

$$\begin{aligned}N_{\text{anchor}} &= \frac{\Delta MR}{R \times \tan \delta} \\ &= \frac{5445.78}{11.33 \times \tan 31^\circ} \\ &= 799.94 \text{ kN}\end{aligned}$$

Setelah mendapatkan nilai N, maka dicari nilai P yaitu gaya prategang yang tegak lurus lereng yang dimana memiliki nilai  $\beta=8^\circ$ , maka nilai P:

$$\begin{aligned}P_{\text{anchor}} &= \frac{N_{\text{anchor}}}{\cos \beta} \\ &= \frac{799.94}{\cos 8^\circ} \\ &= 807.8 \text{ kN}\end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan 2 buah *anchor*, maka  $\Delta MR$  dibagi 2 untuk mendapatkan gaya tiap 1 *anchor*:

$$\begin{aligned}P_{\text{anchor}} &= \frac{N_{\text{anchor}}}{2} \\ &= \frac{807.8}{2} \\ &= 403.9 \text{ kN}\end{aligned}$$

Menentukan panjang *grouting* yaitu dengan menggunakan persamaan 2.20 dengan nilai  $SF = 2.5$  dan nilai  $C = 100 \text{ kN/m}^2$ .

$$P \times SF = C \times \pi \times D \times L$$

$$\begin{aligned}L &= \frac{P \times SF}{C \times \pi \times D} \\ &= \frac{403.9 \times 2.5}{100 \times \pi \times 0.3} \\ &= 8 \text{ meter}\end{aligned}$$

Setelah merencanakan nilai gaya prategang (P) dan panjang *grouting* (L), direncanakan pelat beton penahan agar daya dukung dari pelat beton mampu untuk menahan gaya tarik dari *anchor* tersebut.

Perhitungan balok beton penahan *ground anchor* menggunakan pondasi telapak bujur sangkar dengan rumus sebagai berikut:

$$q_{ult} = 1.2 C' N_{c'} + q N_{q'} + 0.4 \gamma' B N_{\gamma'} \text{ (Terzaghi)}$$

Keterangan:

$C'$  = Kohesi tanah,  $C' = C_u$  (kN/m<sup>2</sup>)

$q$  =  $\gamma' \times$  kedalaman pondasi (m)

$\gamma'$  = Berat volume efektif (kN/m<sup>3</sup>)

$B$  = Lebar pondasi (m)

$q_{ult}$  = Daya dukung ultimate (kN/m<sup>2</sup>)

$q_{ijin}$  =  $q_{ult}/SF$  (kN/m<sup>2</sup>)

$SF$  = 2.5

$N_{c'}$ ,  $N_{q'}$  dan  $N_{\gamma'}$  = Faktor daya dukung

Direncanakan:

- $C'$  lapisan atas = 6 kN/m<sup>2</sup>
- Asumsi lebar pondasi,  $B$  = 2 meter
- Asumsi panjang pondasi,  $H$  = 2 meter
- Kedalaman pondasi,  $D_f$  = 0.3 meter
- Sudut geser dalam,  $\phi$  = 23°

Maka harga  $N_{c'} = 36.14$

$$N_{q'} = 18.26$$

$$N_{\gamma'} = 8.96$$

$$q_{ult} = 1.2 C' N_{c'} + q N_{q'} + 0.4 \gamma' B N_{\gamma'}$$

$$q_{ult} = 1.2 C' N_{c'} + \gamma' D_f N_{q'} + 0.4 \gamma' B N_{\gamma'}$$

$$q_{ult} = (1.3 \times 6 \times 36.14) + (8.2 \times 0.3 \times 18.26) + (0.4 \times 8.2 \times 2 \times 8.96) \\ = 385.6 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{ijin} = \frac{q_{ult}}{SF}$$

$$q_{ijin} = \frac{385.6}{2.5}$$

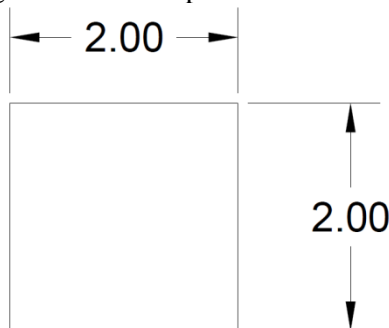
$$= 154.24 \text{ kN/m}^2$$

Gaya  $P$  *anchor* tersebut sudah berada tegak lurus dengan pelat beton. Untuk mencari tegangan yang dihasilkan prategang  $P$  *anchor* adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Q_t &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{401.45}{(2 \times 2)} \\ &= 100.36 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Jadi dipasang *anchor* dengan  $P = 549 \text{ kN}$  (spek Kowa Permanent Anchor tipe KP5-3) dengan panjang *grouting* 14 meter dan pelat beton penahan dengan tebal 0.3 meter dimensi 2x2 meter dapat digunakan karena  $Q_{ijin} = 154.24 \text{ kN/m}^2 > Q_t = 100.36 \text{ kN/m}^2$

Menghitung tulangan balok beton penahan

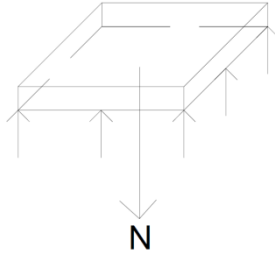


Gambar 4.43 Dimensi balok beton penahan

Data-data perencanaan untuk balok beton penahan adalah sebagai berikut:

- Dimensi plat :  $(2 \times 2) \text{ m}^2$
- Tebal plat : 300 mm
- Tebal decking : 20 mm
- D tulangan : 16 mm
- Mutu tulangan : 400 MPa
- Mutu beton : K350 ( $f'_c = 29.05 \text{ MPa}$ )

$$d = 300 - 20 - \frac{1}{2}(16) = 272 \text{ mm}$$



Gambar 4.44 Gaya dan tegangan pada balok penahan

### Perhitungan Beban Merata Balok Penahan

$$\begin{aligned}
 Q_t &= \frac{P}{A} \\
 &= \frac{401.45}{(2 \times 2)} \\
 &= 100.36 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_b &= 0.85 \times \frac{\beta \times f'_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\
 &= 0.85 \times \frac{0.85 \times 29.05}{400} \times \frac{600}{600 + 400} \\
 &= 0.0315
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\max} &= 0.75 \times \rho_b \\
 &= 0.75 \times 0.0315 \\
 &= 0.0236
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &= \frac{1.4}{f_y} \\
 &= \frac{1.4}{400} \\
 &= 0.0035
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0.85 \times f'_c} \\
 &= \frac{400}{0.85 \times 29.05} \\
 &= 16.2
 \end{aligned}$$

**Momen Ultimate Balok Penahan**

$$\begin{aligned}
 Mu &= \frac{1}{8} \times q \times b^2 \\
 &= \frac{1}{8} \times 100.36 \times 2^2 \\
 &= 50.18 \text{ kNm/m}
 \end{aligned}$$

**Momen nominal balok penahan**

$$\begin{aligned}
 Mn &= \frac{Mu}{0.8} \\
 &= \frac{50.18}{0.8} = 62.73 \text{ kNm} \\
 Rn &= \frac{Mn}{b \times d^2} \\
 &= \frac{62.73 \times 10^6}{2000 \times 272 \times 272} \\
 &= 4.23 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

**Rasio Penulangan**

$$\begin{aligned}
 \rho \text{ perlu} &= \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right) \\
 &= \frac{1}{16.2} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16.2 \times 4.23}{400}} \right) \\
 &= 0.012
 \end{aligned}$$

Syarat:

$$\rho \text{ min} < \rho \text{ perlu} < \rho \text{ max}$$

maka:

$$\rho \text{ pakai} = 0.012$$

$$\begin{aligned}
 As &= \rho \times b \times d \\
 &= 0.012 \times 2000 \times 72 \\
 &= 1728 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

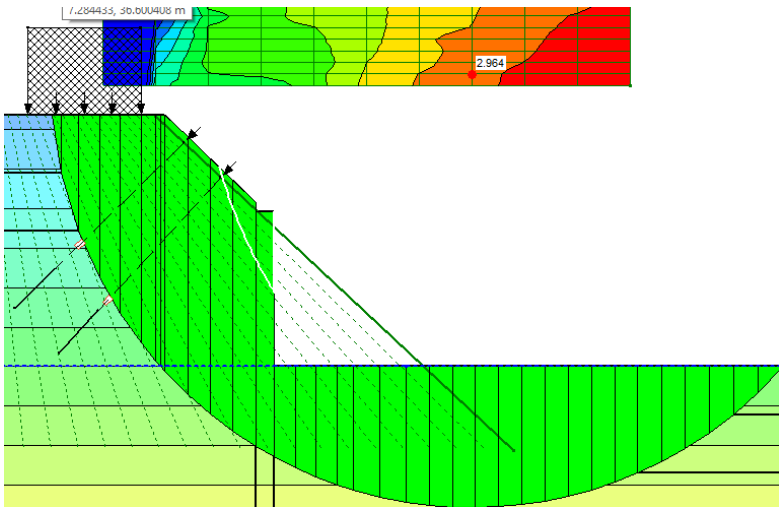
**Perhitungan Jumlah Tulangan**

$$\begin{aligned}
 As &= n \times \frac{1}{4} \pi D^2 \\
 1728 &= n \times \frac{1}{4} \pi 16^2 \\
 N &= \frac{1728}{201} = 8.59 \approx 10 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

### Perhitungan Jarak Pemasangan

$$S = \frac{2000}{10} = 200 \text{ mm}$$

Jadi, dipasang tulangan 10D16-200



Gambar 4.45 *Safety factor ground anchor*

Berdasarkan hasil analisa *software* Geoslope, didapatkan nilai *safety factor* yang terjadi sebesar 2.964. Dengan nilai SF = 2.964, maka desain *ground anchor* **aman** terhadap kelongsoran.

#### 4.5.4 Perencanaan Kombinasi *Soldier Pile* dengan *Ground Anchor*

##### 1. Perhitungan koefisien tekanan tanah

Koefisien tekanan tanah aktif dan pasif diperoleh dengan menggunakan rumus Rankine yaitu:

- c. Koefisien tekanan tanah aktif menggunakan rumus 2.7

$$K_a = \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{\phi}{2} \right), \text{ dimana:}$$

$$K_{a1} = \tan^2(45^\circ - \frac{23}{2})$$

$$= 0.438$$

- d. Koefisien tekanan tanah pasif menggunakan rumus 2.11

$$K_p = \tan^2(45^\circ + \frac{\theta}{2}), \text{ dimana:}$$

$$K_{p1} = \tan^2(45^\circ + \frac{23}{2})$$

$$= 2.283$$

Hasil dari perhitungan koefisien tekanan tanah aktif dan koefisien tekanan tanah pasif dapat dilihat pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14 Data perencanaan turap kantilever dengan asumsi tanah *behaving like sand*

| Jenis Tanah      | Kedalaman  | $\gamma'$            | Cu                   | $\phi$ | Ka    | Kp    |
|------------------|------------|----------------------|----------------------|--------|-------|-------|
|                  |            | (kN/m <sup>3</sup> ) | (kN/m <sup>3</sup> ) |        |       |       |
| Lempung Berpasir | 0-3 meter  | 8.2                  | 0                    | 23     | 0.438 | 2.283 |
| Lempung Padat    | 3-6 meter  | 6.4                  | 0                    | 31     | 0.320 | 3.124 |
| Batuan Lempung   | 6-20 meter | 7.9                  | 100                  | 20     | 0.490 | 2.040 |

## 2. Perhitungan $\sigma_v$ dan $\sigma_H$

$$q = q \text{ surcharge} + (\gamma'_1 \times h_1) + (\gamma'_2 \times h_2)$$

$$= 20 + (8.2 \times 3) + (6.4 \times 2)$$

$$= 57.4 \text{ kN/m}^2$$

- d. Tekanan Tanah Aktif

- Titik 1

$$\sigma_{v1} = q$$

$$= 57.4 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{H1} = (\sigma_v \times K_a) - (2c \sqrt{K_a})$$

$$= 57.4 \times 0.438 - 0$$

$$= 25.15 \text{ kN/m}^2$$

- Titik 2 atas

$$\sigma_{v2a} = q + (\gamma'_1 \times h_1)$$



$$= 57.4 + (8.2 \times 3)$$

$$= 82 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{H2a} = (\sigma_v \times Ka) - (2c \sqrt{Ka})$$

$$= 82 \times 0.438 - 0$$

$$= 35.92 \text{ kN/m}^2$$

- Titik 2 bawah

$$\sigma_{v2b} = q + (\gamma'_2 \times h_2)$$

$$= 82 + (6.4 \times 3)$$

$$= 101.2 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{H2b} = (\sigma_v \times Ka) - (2c \sqrt{Ka})$$

$$= 101.2 \times 0.32 - 0$$

$$= 32.39 \text{ kN/m}^2$$

- Titik 3 atas

$$\sigma_{v3a} = q + (\gamma'_2 \times h_2)$$

$$= 101.2 + (6.4 \times 3)$$

$$= 120.4 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{H3a} = (\sigma_v \times Ka) - (2c \sqrt{Ka})$$

$$= 120.4 \times 0.32 - 0$$

$$= 38.54 \text{ kN/m}^2$$

- Titik 3 bawah

$$\sigma_{v3b} = q + (\gamma'_3 \times h_3)$$

$$= 120.4 + (7.9 \times 3)$$

$$= 144.1 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{H3b} = (\sigma_v \times Ka) - (2c \sqrt{Ka})$$

$$= (144.1 \times 0.32) - (2 \times 100 \times \sqrt{0.49})$$

$$= -69.39 \text{ kN/m}^2$$

- Titik 4

$$\sigma_{v4} = q + (\gamma'_3 \times h_3)$$

$$= 144.1 + (7.9 \times 2)$$

$$= 159.9 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{H4} = (\sigma_v \times Ka) - (2c \sqrt{Ka})$$

$$\begin{aligned}
 &= (159.9 \times 0.49) - (2 \times 100 \times \sqrt{0.49}) \\
 &= -61.64 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

- Titik O

$$\begin{aligned}
 \sigma_{vo} &= q + (\gamma'_3 \times Do) \\
 &= 159.9 + (7.9 \times Do) \\
 &= 7.9 Do + 159.9 \text{ kN/m}^2 \\
 \sigma_{Ho} &= (\sigma_v \times Ka) - (2c \sqrt{Ka}) \\
 &= (7.9 Do + 159.9) \times 0.49 - (2 \times 100 \times \sqrt{0.49}) \\
 &= 3.871 Do - 61.69 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

e. Tekanan Tanah Pasif

- Titik 4

$$\begin{aligned}
 \sigma_{v4} &= q \\
 &= 0 \text{ kN/m}^2 \\
 \sigma_{H4} &= (\sigma_v \times Kp) + (2c \sqrt{Kp}) \\
 &= 0 + 2 \times 100 \times \sqrt{2.04} \\
 &= 285.63 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

- Titik O

$$\begin{aligned}
 \sigma_{vo} &= q + (\gamma'_3 \times Do) \\
 &= 0 + (7.9 \times Do) \\
 &= 7.9 Do \text{ kN/m}^2 \\
 \sigma_{Ho} &= (\sigma_v \times Kp) + (2c \sqrt{Kp}) \\
 &= (7.9 Do \times 2.04) + (2 \times 100 \times \sqrt{2.04}) \\
 &= 16.116 Do + 285.63 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

f. Tekanan Air

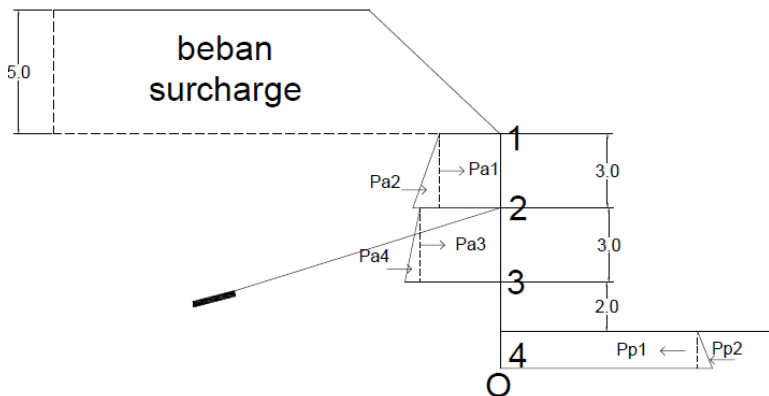
$$\begin{aligned}
 \sigma_w &= \gamma'_w \times Do \\
 &= 10 Do \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Karena muka air tanah setinggi permukaan dasar galian setelah diberi subdrain maka, tekanan air aktif dan tekanan air pasif hilang karena saling mengurangi.

### 3. Perhitungan Tekanan Aktif dan Pasif

$$\begin{aligned}
 \text{a. } Pa_{I1} &= \sigma_{H1} \times y_1 \\
 &= 25.15 \times 3 \\
 &= 75.44 \text{ kN/m} \\
 \text{a. } Pa_{I2} &= \frac{1}{2} (\sigma_{H2a} - \sigma_{H1}) \times y_1 \\
 &= \frac{1}{2} (35.92 - 25.15) \times 3 \\
 &= 16.17 \text{ kN/m} \\
 \text{b. } Pa_{II1} &= \sigma_{H2b} \times y_2 \\
 &= 32.39 \times 3 \\
 &= 97.18 \text{ kN/m} \\
 \text{c. } Pa_{II2} &= \frac{1}{2} (\sigma_{H3a} - \sigma_{H2b}) \times y_2 \\
 &= \frac{1}{2} (38.54 - 32.39) \times 3 \\
 &= 9.22 \text{ kN/m} \\
 \text{d. } Pa_{III1} &= \sigma_{H3b} \times y_3 \\
 &= -69.39 \times 2 \\
 &= -138.78 \text{ kN/m} \\
 &\quad (\text{karena nilainya negatif maka dianggap } 0) \\
 \text{e. } Pa_{III2} &= \frac{1}{2} (\sigma_{H4} - \sigma_{H3b}) \times y_2 \\
 &= (\text{karena nilainya negatif maka dianggap } 0) \\
 \text{f. } Pa_{IV1} &= \sigma_{H4} \times Do \\
 &= (\text{karena nilainya negatif maka dianggap } 0) \\
 \text{g. } Pa_{IV2} &= \frac{1}{2} (\sigma_{H5} - \sigma_{H4}) \times Do \\
 &= (\text{karena nilainya negatif maka dianggap } 0) \\
 \text{h. } Pp_1 &= \sigma_{H4} \times Do \\
 &= 285.63 \text{ Do kN/m} \\
 \text{i. } Pp_2 &= \frac{1}{2} (\sigma_{HO} - \sigma_{H4}) \times Do \\
 &= \frac{1}{2} (16.116 \text{ Do} + 285.63 - 285.63) \times Do \\
 &= 8.058 \text{ Do}^2
 \end{aligned}$$

Pada Gambar 4.46 dapat dilihat hasil dari perhitungan tekanan tanah lateral pada turap dengan kombinasi *ground anchor* menggunakan subdrain.



Gambar 4.46 Diagram tekanan tanah lateral *soldier pile* dengan kombinasi *ground anchor* menggunakan subdrain

#### 4. Perhitungan Kedalaman Turap

Untuk perhitungan momen yang terjadi pada turap dapat dilihat pada Tabel 4.15 dan Tabel 4.16 sebagai berikut:

Tabel 4.15 Gaya aktif turap kantilever *behaving like sand*

| Ket      | Pai (kN) | Ph lengan (m) | Ph momen (kN.m)      |
|----------|----------|---------------|----------------------|
| PaI1     | 75.44    | $6.5 + D_o$   | $75.44 D_o + 490.36$ |
| PaI2     | 16.17    | $6 + D_o$     | $16.17 D_o + 97.02$  |
| PaII1    | 97.18    | $3.5 + D_o$   | $97.18 D_o + 340.13$ |
| PaII2    | 9.22     | $3 + D_o$     | $21.03 D_o + 63.09$  |
| PaIII1   | 0.00     | $1 + D_o$     | 0.00                 |
| PaIII2   | 0.00     | $2/3 + D_o$   | 0.00                 |
| PaIV1    | 0.00     | $0.5 D_o$     | 0.00                 |
| PaIV2    | 0.00     | $1/3 D_o$     | 0.00                 |
| $\Sigma$ | 198.01   |               | $209.82 D_o + 990.6$ |

Tabel 4.16 Gaya pasif turap kantilever *behaving like sand*

| Ket | Ppi (kN)                     | Ph lengan (m) | Ph momen (kN.m)                               |
|-----|------------------------------|---------------|-----------------------------------------------|
| Pp1 | 285.63 Do                    | 0.5 Do        | -142.815 Do <sup>2</sup>                      |
| Pp2 | 8 Do <sup>2</sup>            | 1/3 Do        | -8/3 Do <sup>3</sup>                          |
| Σ   | 8 Do <sup>2</sup> +285.63 Do |               | -8/3 Do <sup>3</sup> -142.815 Do <sup>2</sup> |

$$\Sigma \text{Momen} = \Sigma \text{Momen aktif} + \Sigma \text{Momen pasif}$$

$$\Sigma \text{Momen} = -16/3 \text{Do}^3 - 142.815 \text{Do}^2 - 1028.15 \text{Do} + 781.55$$

$$\text{Do} = 0.7 \text{ meter} \approx 1 \text{ meter}$$

$$D = \text{SF} \times \text{Do} = 1.5 \times 1 = 1.5 \text{ meter}$$

$$\text{Panjang total turap} = 8 + 1.5 = 9.5 \text{ meter}$$

#### 5. Gaya Tarik *Ground Anchor*

Untuk D = 1 meter

$$T = \Sigma P_a - \Sigma P_p$$

$$\Sigma P_a = 198.01 \text{ kN}$$

$$\Sigma P_p = 8 \text{Do}^2 + 285.63 \text{Do}$$

$$= 293.63 \text{ kN}$$

$$\Sigma P_a < \Sigma P_p \text{ maka tidak perlu ditambah perkuatan angkur}$$

#### 4.6 Perhitungan Biaya dari Alternatif Perkuatan

##### 4.6.1 Analisa Biaya Subdrain

Pada tabel 4.17 ditampilkan total biaya dari subdrain. Untuk detail perhitungan dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 4.17 Biaya Subdrain

| SUBDRAIN   |             |           |             |           |                  |
|------------|-------------|-----------|-------------|-----------|------------------|
| Bronjong   | Panjang (m) | Tebal (m) | Volume (m3) | Harga /m3 | Harga Total      |
|            | 18          | 0.4       | 2.88        | 500000    | 99360000         |
|            |             |           |             |           |                  |
| Geotextile | Panjang (m) | Tebal (m) | Luas (m2)   | Harga /m3 | Harga Total      |
|            | 18          | 0.7       | 12.6        | 15000     | 13041000         |
|            |             |           |             | Total     | Rp 112.401.000,- |

##### 4.6.2 Analisa Biaya Soldier Pile

Pada tabel 4.18 ditampilkan total biaya dari perkuatan *Soldier Pile*. Total biaya meliputi harga beton, tulangan utama, sengkang, dan *capping beam*. Untuk detail perhitungan dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 4.18 Biaya Soldier Pile

| PERKUATAN DENGAN SOLDIER PILE |             |            |              |          |             |
|-------------------------------|-------------|------------|--------------|----------|-------------|
| Beton                         | Volume (m3) |            | Jumlah Total | Harga/m3 | Harga Total |
| Tanpa subdrain                | 12.18       |            | 69           | 1050000  | 882337500   |
| Dengan subdrain               | 5.005       |            | 69           | 1050000  | 362612250   |
|                               |             |            |              |          |             |
| Tulangan Utama                | Volume (m3) | Berat (kg) | Jumlah Total | Harga/kg | Harga Total |
| Tanpa subdrain                | 0.299       | 2349.51    | 69           | 7400     | 1199659543  |

|                 |             |             |              |                 |                    |
|-----------------|-------------|-------------|--------------|-----------------|--------------------|
| Dengan subdrain | 0.251       | 1970.56     | 69           | 7400            | 1006166069         |
|                 |             |             |              |                 |                    |
| Sengkang        | Volume (m3) | Berat (kg)  | Jumlah Total | Harga/kg        | Harga Total        |
| Tanpa subdrain  | 0.161       | 1260.22     | 69           | 7400            | 643469731          |
| Dengan subdrain | 0.112       | 880.80      | 69           | 7400            | 449736909          |
|                 |             |             |              |                 |                    |
| Capping Beam    | Panjang (m) | Volume (m3) |              | Harga/m3        | Harga Total        |
| Tanpa subdrain  | 69.000      | 82.8        |              | 1050000         | 86940000           |
| Dengan subdrain | 69.000      | 82.8        |              | 1050000         | 86940000           |
|                 |             |             |              |                 |                    |
|                 |             |             |              | Tanpa subdrain  | Rp 2.812.406.774,- |
|                 |             |             |              | Dengan subdrain | Rp 2.017.856.227,- |

#### 4.6.3 Analisa Biaya *Ground Anchor*

Pada tabel 4.19 ditampilkan total biaya dari perkuatan *Ground Anchor*. Total biaya meliputi harga *anchor*, pengeboran, *grouting*, dan pelat beton. Untuk detail perhitungan dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 4.19 Biaya *Ground Anchor*

| PERKUATAN DENGAN GROUND ANCHOR |        |                      |                      |                  |             |
|--------------------------------|--------|----------------------|----------------------|------------------|-------------|
| Anchor                         | Jumlah | Panjang Grouting (m) | 1 anchor + stressing | Jumlah Total (m) | Harga Total |
| Tanpa subdrain                 | 2      | 9                    | 50000000             | 34               | 3400000000  |

|                 |        |                      |                         |                  |                    |
|-----------------|--------|----------------------|-------------------------|------------------|--------------------|
| Dengan subdrain | 2      | 8                    | 50000000                | 34               | 3400000000         |
|                 |        |                      |                         |                  |                    |
| Pengeboran      | Jumlah | Panjang Grouting (m) | Biaya Pengeboran/lubang | Jumlah Total (m) | Harga Total        |
| Tanpa subdrain  | 2      | 9                    | 1500000                 | 34               | 102000000          |
| Dengan subdrain | 2      | 8                    | 1500000                 | 34               | 102000000          |
|                 |        |                      |                         |                  |                    |
| Grouting        | Jumlah | Volume Grouting (m3) | Harga Grouting / m3     | Jumlah Total (m) | Harga Total        |
| Tanpa subdrain  | 2      | 0.283                | 1600000                 | 34               | 15387429           |
| Dengan subdrain | 2      | 0.251                | 1600000                 | 34               | 13677714           |
|                 |        |                      |                         |                  |                    |
| Pelat Beton     | Jumlah | Volume (m3)          | Harga / m3              | Jumlah Total (m) | Harga Total        |
| Tanpa subdrain  | 2      | 1.200                | 1050000                 | 34               | 42840000           |
| Dengan subdrain | 2      | 1.200                | 1050000                 | 34               | 42840000           |
|                 |        |                      |                         | Tanpa subdrain   | Rp 3.560.227.429,- |
|                 |        |                      |                         | Dengan subdrain  | Rp 3.670.918.714,- |



#### 4.6.4 Analisa Biaya Kombinasi *Soldier Pile* dan *Ground Anchor*

Pada tabel 4.20 ditampilkan total biaya dari kombinasi perkuatan *Soldier Pile* dan *Ground Anchor*. Untuk detail perhitungan dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 4.20 Biaya Kombinasi *Soldier Pile* dan *Ground Anchor*

| PERKUATAN KOMBINASI SOLDIER PILE DENGAN<br>GROUND ANCHOR |                      |                          |                          |                         |             |
|----------------------------------------------------------|----------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------|
| Beton                                                    | Diameter (m)         | Volume (m <sup>3</sup> ) |                          | Harga/m <sup>3</sup>    | Harga Total |
| Tanpa subdrain                                           | 1                    | 7.46                     |                          | 1050000                 | 540787500   |
| Tulangan Utama                                           | Diameter (m)         | Volume (m <sup>3</sup> ) | Berat (kg)               | Harga/kg                | Harga Total |
| Tanpa subdrain                                           | 0.032                | 0.183                    | 1440.02                  | 7400                    | 735275204   |
| Sengkang                                                 | Diameter (m)         | Volume (m <sup>3</sup> ) | Berat (kg)               | Harga/kg                | Harga Total |
| Tanpa subdrain                                           | 0.013                | 0.061                    | 475.31                   | 7400                    | 242698261   |
| Capping Beam                                             | Lebar (m)            | Panjang (m)              | Volume (m <sup>3</sup> ) | Harga/m <sup>3</sup>    | Harga Total |
| Tanpa subdrain                                           | 1.2                  | 69                       | 82.8                     | 1050000                 | 86940000    |
| Anchor                                                   | Panjang Grouting (m) |                          |                          | 1 anchor + stressing    | Harga Total |
| Tanpa subdrain                                           | 3                    |                          |                          | 50000000                | 1700000000  |
| Pengeboran                                               | Panjang Grouting (m) |                          |                          | Biaya Pengeboran/lubang | Harga Total |
| Tanpa subdrain                                           | 3                    |                          |                          | 1500000                 | 51000000    |
| Grouting                                                 | Volume               |                          |                          | Harga Grouting          | Harga Total |

|                   |                   |  |  |            |                       |
|-------------------|-------------------|--|--|------------|-----------------------|
|                   | Groutin<br>g (m3) |  |  | / m3       |                       |
| Tanpa<br>subdrain | 0.094             |  |  | 1600000    | 5129143               |
| Walling           | Berat<br>(kg/m)   |  |  | Harga / kg | Harga Total           |
| Tanpa<br>subdrain | 32.000            |  |  | 13733      | 30322464              |
|                   |                   |  |  | Total      | Rp<br>3.392.152.572,- |

Berikut adalah rekapitulasi perhitungan biaya alternatif perkuatan:

Tabel 4.21 Rekapitulasi biaya alternatif perkuatan:

| Perkuatan            |                 | Biaya              |
|----------------------|-----------------|--------------------|
| <i>Soldier Pile</i>  | Tanpa Subdrain  | Rp 2.812.406.774,- |
|                      | Dengan Subdrain | Rp 2.017.856.227,- |
| <i>Ground Anchor</i> | Tanpa Subdrain  | Rp 3.560.227.428,- |
|                      | Dengan Subdrain | Rp 3.670.918.714,- |
| Kombinasi            |                 | Rp 3.392.152.572,- |

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan keseluruhan hasil analisa yang telah dilakukan dalam penyusunan Tugas Akhir “Perencanaan Perkuatan Talud pada Kasus Tanah Longsor di RSUD Balikpapan Menggunakan *Ground Anchor dan Soldier Pile*” ini dapat ditarik beberapa kesimpulan, diantaranya sebagai berikut :

1. Talud pada area barat laut gedung RSUD Balikpapan memiliki tanah asli yang cukup bagus yakni dominan lempung padat. Pada kasus kelongsoran pertama, stabilitas talud masih cukup rendah sehingga memungkinkan untuk terjadi longsor. Namun, pada kasus kelongsoran yang kedua, area yang longsor tersebut telah diperkuat dengan konstruksi *bored pile* sehingga stabilitasnya meningkat. Oleh karena itu diperlukan asumsi kondisi terkritik untuk mencari penyebab kelongsoran yang telah terjadi.

2. Kelongsoran terjadi karena kejadian sesungguhnya di lapangan tidak sama dengan asumsi yang ada. Asumsi yang lebih mendekati kenyataan di lapangan adalah asumsi *behaving like sand*. Dengan asumsi ini, perkuatan eksisting bored pile beton bertulang dengan diameter 80 cm tidak memenuhi syarat stabilitas.

3. Untuk perhitungan perkuatan *Soldier Pile* dapat dilihat pada lampiran 4. Rekapitulasi desain perkuatan adalah sebagai berikut:

|                    | Kedalaman<br>(m) | Diameter<br>(mm) | Momen Max<br>(kNm) |
|--------------------|------------------|------------------|--------------------|
| Tanpa<br>Subdrain  | 15.5             | 1000             | 1424.82            |
| Dengan<br>Subdrain | 13               | 1000             | 1066.64            |

4. Untuk perhitungan kekuatan *Ground Anchor* dapat dilihat pada lampiran 5. Rekapitulasi desain kekuatan adalah sebagai berikut:

|                    | Panjang<br>Grouting (m) | Diameter<br>Grouting (cm) | P 1 angkur<br>(kNm) |
|--------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------|
| Tanpa<br>Subdrain  | 9                       | 30                        | 429.28              |
| Dengan<br>Subdrain | 8                       | 30                        | 403.90              |

5. Untuk perhitungan kekuatan kombinasi *Soldier Pile* dan *Ground Anchor* dapat dilihat pada lampiran 6. Pada kondisi menggunakan subdrain tidak diperlukan tambahan *Ground Anchor* karena dengan kekuatan *Soldier Pile* saja sudah cukup.

6. Dari beberapa alternatif kekuatan, biaya yang paling murah adalah kekuatan *Soldier Pile* dengan menggunakan subdrain. Namun, yang paling memungkinkan untuk dilaksanakan di lapangan adalah konstruksi *Ground Anchor* karena sempitnya lahan yang tersedia sehingga tidak mungkin untuk mengoperasikan alat-alat besar. Maka dari itu, penggunaan konstruksi *Soldier Pile* tidak dapat dilaksanakan.

## 5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil analisa dan perhitungan oleh penulis adalah:

1. Perencanaan harus membutuhkan pemasangan *subdrain* yang tepat karena air berpengaruh besar dalam memberi tekanan lateral pada kekuatan.
2. Untuk perencanaan konstruksi penahan tanah lainnya diharapkan untuk memperhatikan asumsi-asumsi dengan kondisi terkritik.

## DAFTAR PUSTAKA

Terzaghi, K. and Peck R.B. 1967. *Soil Mechanics in Engineering Practice*, 2nd edition.Jakarta: Erlangga.

Das, Braja M., (*translated by* Mochtar N.E, and Mochtar I.B.). 1985. *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknik)* Jilid II.Jakarta: Erlangga.

Sosrodarsono, S. and Nakazawa ,K., (*translated by* Taulu L.). 2000. *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*.Jakarta: Pradnya Paramita.

Hadihardaja,J.1997.Rekayasa Pondasi I Konstruksi Penahan Tanah:Gunadarma

Wahyudi, Herman, 1999, *Daya Dukung Pondasi Dalam*.FTSP ITS, Surabaya

Wahyudi, Herman, 1999, *Daya Dukung Pondasi Dangkal*.FTSP ITS, Surabaya

Direktorat Jenderal Bina Marga, 2012, *Buku Petunjuk Teknis Perencanaan dan Penanganan Kelongsoran*, Jakarta

*“Halaman ini sengaja dikosongkan ...”*

## **LAMPIRAN 1**

### **DOKUMENTASI KELONGSORAN**

### **Dokumentasi kelongsoran tanggal 7-8 Februari 2013**



Gambar longsor di lantai 1 (gambar diambil dari area proyek)



Gambar longsor di lantai 1 (gambar diambil dari area proyek)





Gambar longsor di lantai 2 (gambar diambil dari area proyek)



Gambar longsor di lantai 2 (gambar diambil dari area proyek)



Gambar longsor dari area gudang indomarco



Gambar longsor dari area gudang indomarco

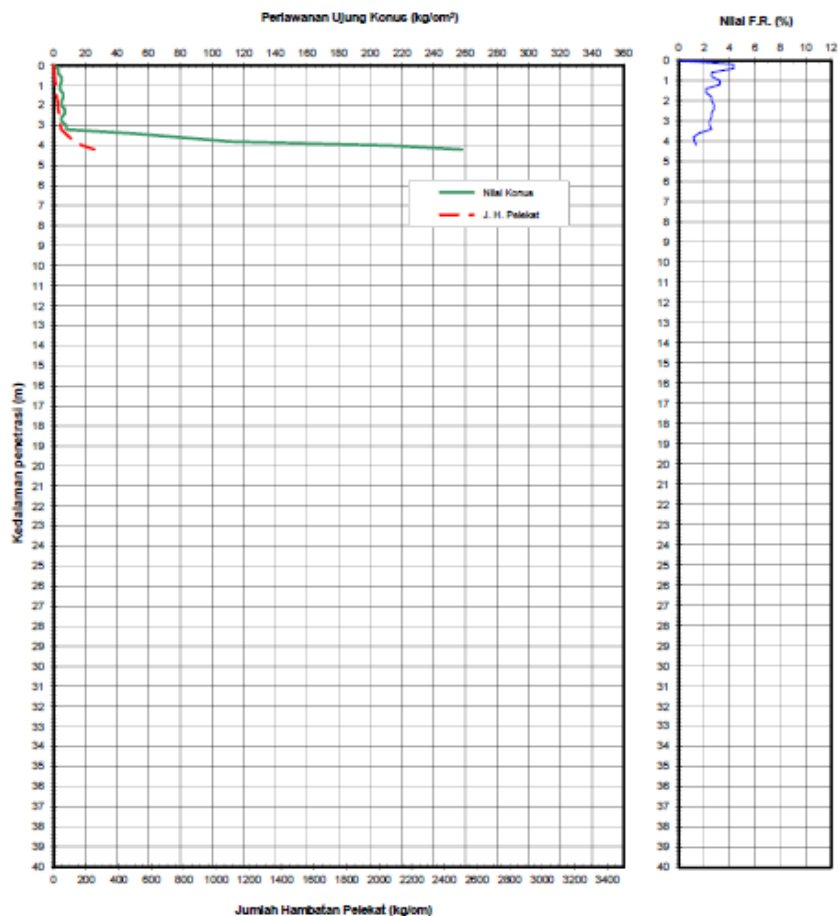
## **LAMPIRAN 2**

### **DATA TANAH**

GRAFIK SONDIR

Titik No. : S 01  
 Proyek : Pembangunan RSUD  
 Lokasi : Balikpapan  
 Cuaca : Cerah

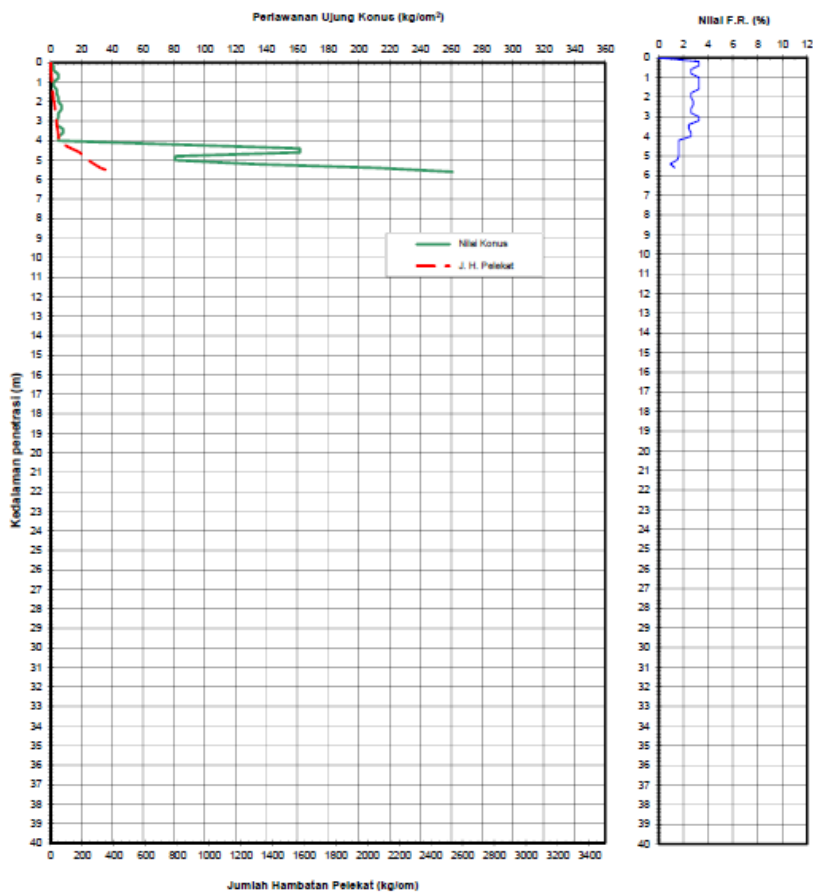
Tanggal : 25 - 02 - 2012  
 Diuji Oleh : PARIMIN, ST  
 Dihitung Oleh : PARIMIN, ST  
 M.a.t. : -



GRAFIK SONDIR

Titik No. : S 02  
 Proyek : Pembangunan RSUD  
 Lokasi : Balikpapan  
 Cuaca : Cerah

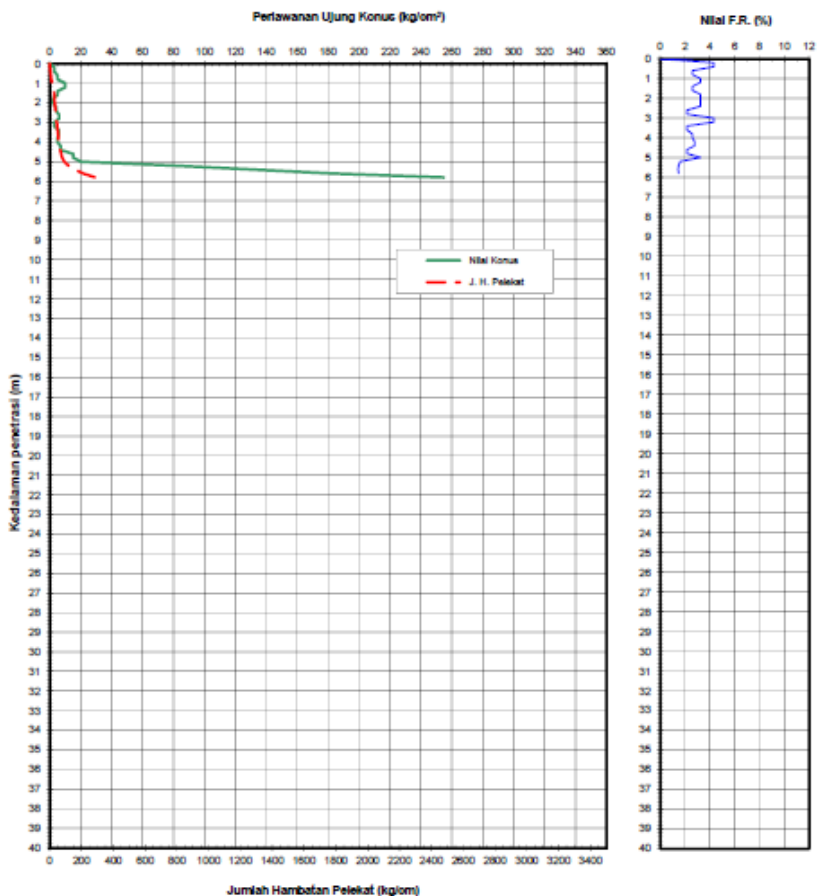
Tanggal : 25 - 02 - 2012  
 Diuji Oleh : PARIMIN, ST  
 Dihitung Oleh : PARIMIN, ST  
 M.a.t. : -



GRAFIK SONDIR

Titik No. : 0 03  
 Proyek : Pembangunan RSUD  
 Lokasi : Balikpapan  
 Cuaca : Cerah

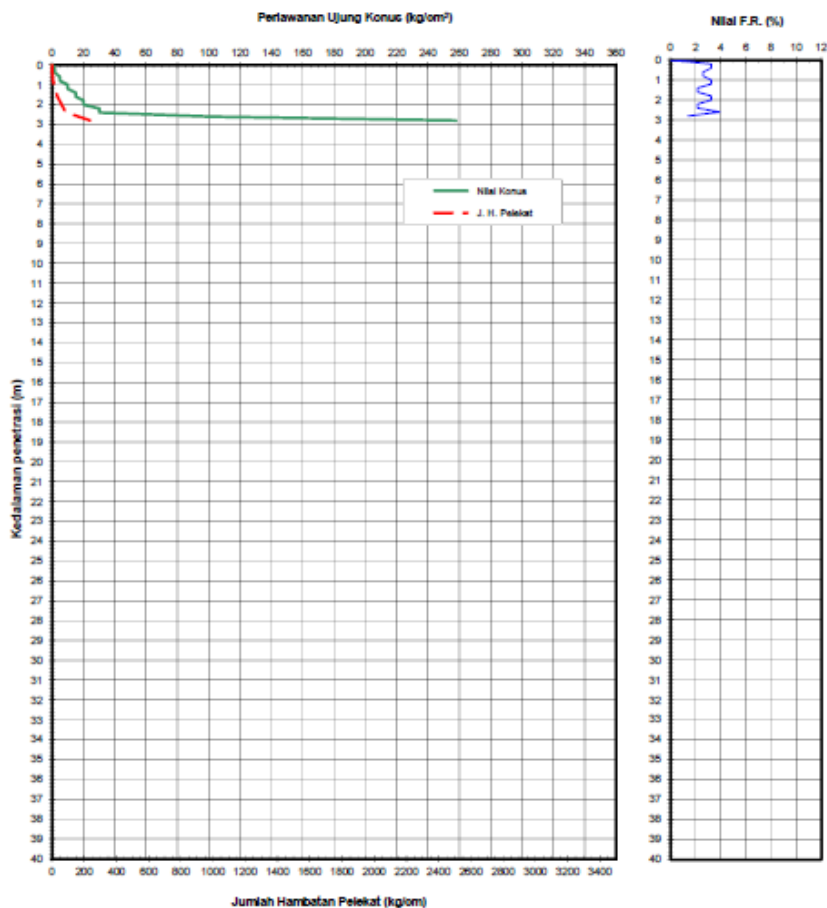
Tanggal : 25 - 02 - 2012  
 Diuji Oleh : PARIMIN, ST  
 Dihitung Oleh : PARIMIN, ST  
 M.a.t. : -



GRAFIK SONDIR

Titik No. : S 04  
 Proyek : Pembangunan RSUD  
 Lokasi : Balikpapan  
 Cusca : Cerah

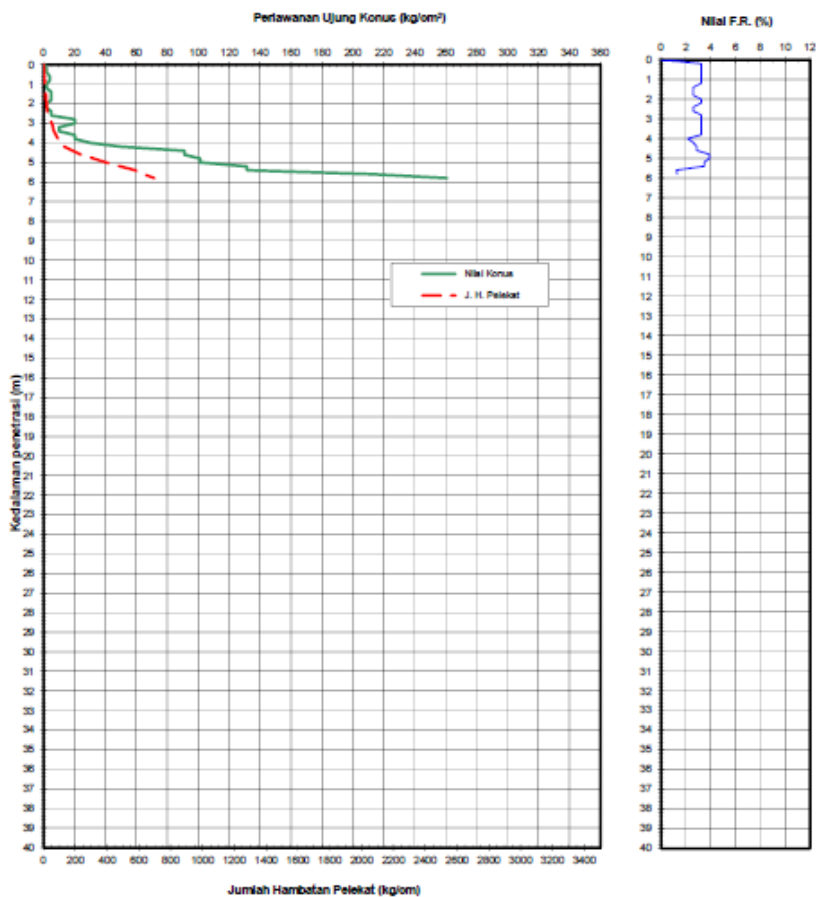
Tanggal : 25 - 02 - 2012  
 Diuji Oleh : PARIMIN, ST  
 Dihitung Oleh : PARIMIN, ST  
 M.a.t. : -



GRAFIK SONDIR

Titik No. : 0 05  
 Proyek : Pembangunan RSUD  
 Lokasi : Balikpapan  
 Cuaca : Cerah

Tanggal : 25 - 02 - 2012  
 Diuji Oleh : PARIMIN, ST  
 Dihitung Oleh : PARIMIN, ST  
 M.a.t. : -







**KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL  
POLITEKNIK NEGERI SAMARINDA  
LABORATORIUM TEKNIK SIPIL**

Jalan Cipto Mangunkusuma □ 0541-260588 ext. 118 Samarinda

### PENGUJIAN BOBOT ISI TANAH

Proyek : Pembangunan RSUD :  
 Lokasi : Balikpapan : La Jayani, ST  
 Sampel : B. 1 :  
 Kedalaman : 2 m : Insan Kamil

| No. Ring                         | Uraian | Satuan             | Sampel |        |
|----------------------------------|--------|--------------------|--------|--------|
|                                  |        |                    | 1      | 1      |
|                                  |        | gram               | 38.9   | 38.9   |
| Berat ring + tanah basah         |        | gram               | 151.97 | 151.41 |
| Berat tanah basah                |        | gram               | 113.07 | 112.51 |
| Volume ring = Volume Tanah basah |        | cm <sup>3</sup>    | 60.17  | 60.17  |
| Bobot isi tanah basah            |        | gr/cm <sup>3</sup> | 1.88   | 1.87   |
| Bobot isi tanah basah rata-rata  |        | gr/cm <sup>3</sup> | 1.88   |        |



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL  
POLITEKNIK NEGERI SAMARINDA  
LABORATORIUM TEKNIK SIPIL**

Jalan Cipto Mangunkusuma □ 0541-260588 ext. 118 Samarinda

### PENGUJIAN BOBOT ISI TANAH

Proyek : Pembangunan RSUD : Tanggal uji :  
 Lokasi : Balikpapan : Diuji : La Jayani, ST  
 Sampel : B. 2 : Dihitung : Insan Kamil  
 Kedalaman : 2 m

| No. Ring                         | Uraian | Satuan             | Sampel 1 |        |        |
|----------------------------------|--------|--------------------|----------|--------|--------|
|                                  |        |                    | 1        | 1      | 1      |
| Berat ring                       |        | gram               | 38.9     | 38.9   | 38.9   |
| Berat ring + tanah basah         |        | gram               | 147.21   | 147.96 | 147.42 |
| Berat tanah basah                |        | gram               | 108.31   | 109.06 | 108.52 |
| Volume ring = Volume Tanah basah |        | cm <sup>3</sup>    | 60.17    | 60.17  | 60.17  |
| Bobot Isi tanah basah            |        | gr/cm <sup>3</sup> | 1.80     | 1.81   | 1.80   |
| Bobot Isi tanah basah rata-rata  |        | gr/cm <sup>3</sup> | 1.81     |        |        |



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL  
POLITEKNIK NEGERI SAMARINDA  
LABORATORIUM TEKNIK SIPIL**

Jalan Cipto Mangunkusuma □ 0541-260588 ext. 118 Samarinda

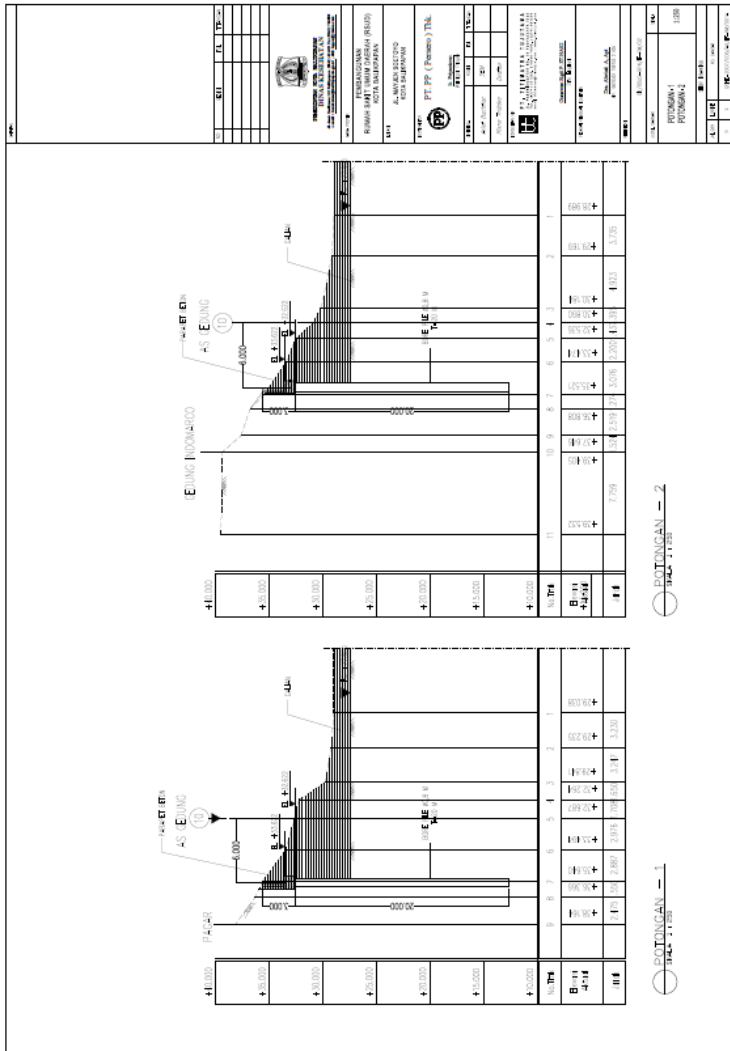
**PENGUJIAN BOBOT ISI TANAH**

Proyek : Pembangunan RSUD : Tanggal uji :  
 Lokasi : Balikpapan : Diuji : La Jayani, ST  
 Sampel : B. 3 : Dihitung : Insan Kamil  
 Kedalaman : 2 m

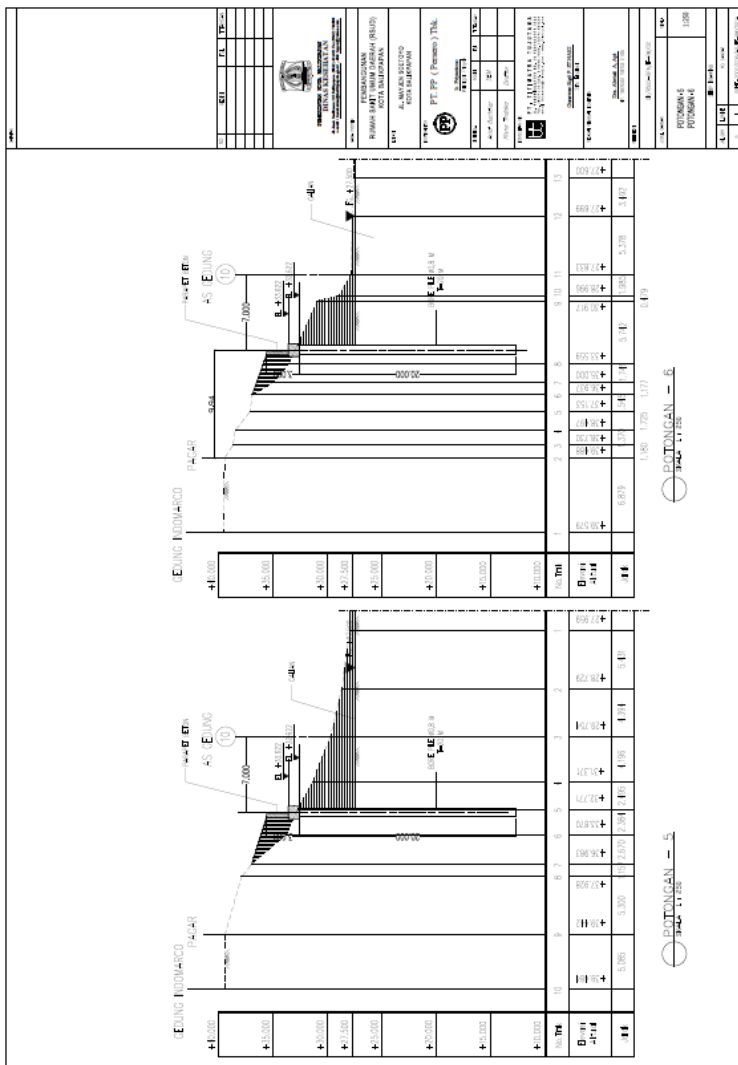
| Uraian                           |  | Satuan             | Sampel 1 |        |        |
|----------------------------------|--|--------------------|----------|--------|--------|
| No. Ring                         |  |                    | 1        | 1      | 1      |
| Berat ring                       |  | gram               | 38.9     | 38.9   | 38.9   |
| Berat ring + tanah basah         |  | gram               | 148.15   | 148.67 | 148.42 |
| Berat tanah basah                |  | gram               | 109.25   | 109.77 | 109.52 |
| Volume ring = Volume Tanah basah |  | cm <sup>3</sup>    | 60.17    | 60.17  | 60.17  |
| Bobot isi tanah basah            |  | gr/cm <sup>3</sup> | 1.82     | 1.82   | 1.82   |
| Bobot isi tanah basah rata-rata  |  | gr/cm <sup>3</sup> | 1.82     |        |        |

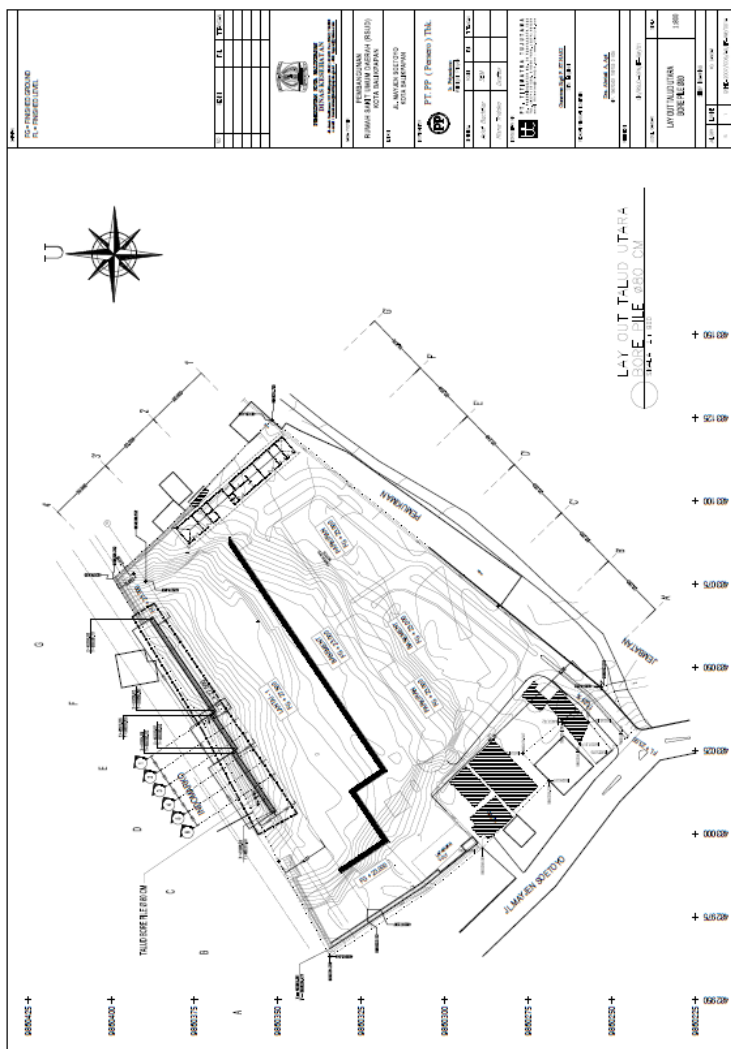
### **LAMPIRAN 3**

## **KONTUR DAN POTONGAN MELINTANG**











## **LAMPIRAN 4**

### **SPEK GROUND ANCHOR**

**KP anchor specifications table**

| Anchor<br>type | Configuration | Steel wire<br>cross section<br>(mm <sup>2</sup> ) | Design<br>force<br>(kN) | Test load<br>(kN) | Anchor head<br>bearing<br>(kN) | Minimum<br>embedment<br>depth<br>(mm) |
|----------------|---------------|---------------------------------------------------|-------------------------|-------------------|--------------------------------|---------------------------------------|
| KP5-1          | φ12.7×1       | 98.7                                              | 183.0                   | 156.0             | 109.8                          | φ90                                   |
| KP5-2          | φ12.7×2       | 197.4                                             | 366.0                   | 312.0             | 219.6                          |                                       |
| KP5-3          | φ12.7×3       | 296.1                                             | 549.0                   | 468.0             | 329.4                          |                                       |
| KP5-4          | φ12.7×4       | 394.8                                             | 732.0                   | 624.0             | 439.2                          |                                       |
| KP5-5          | φ12.7×5       | 493.6                                             | 915.0                   | 780.0             | 549.0                          |                                       |
| KP5-6          | φ12.7×6       | 592.3                                             | 1,098.0                 | 936.0             | 658.8                          | φ115                                  |
| KP5-7          | φ12.7×7       | 691.0                                             | 1,281.0                 | 1,092.0           | 768.6                          |                                       |
| KP6-1          | φ15.2×1       | 138.7                                             | 261.0                   | 222.0             | 156.6                          | φ90                                   |
| KP6-2          | φ15.2×2       | 277.4                                             | 522.0                   | 444.0             | 313.2                          |                                       |
| KP6-3          | φ15.2×3       | 416.1                                             | 783.0                   | 666.0             | 469.8                          |                                       |
| KP6-4          | φ15.2×4       | 554.8                                             | 1,044.0                 | 888.0             | 626.4                          | φ115                                  |
| KP6-5          | φ15.2×5       | 693.5                                             | 1,305.0                 | 1,110.0           | 783.0                          |                                       |
| KP6-6          | φ15.2×6       | 832.2                                             | 1,566.0                 | 1,332.0           | 939.6                          |                                       |
| KP6-7          | φ15.2×7       | 970.9                                             | 1,827.0                 | 1,554.0           | 1,096.2                        |                                       |

## **LAMPIRAN 5**

### **PERHITUNGAN SOLDIER PILE**

| z<br>(m) | Lapisan   | Point           | Soil | q (kN/m <sup>2</sup> ) | c   | Ø  | Tebal<br>lapisan (m) | Y' (kN/m <sup>3</sup> ) | σ'v<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | Ka    | Kp   | σ <sub>hs</sub> hitung<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | σ <sub>hp</sub><br>(kN/m <sup>2</sup> ) |
|----------|-----------|-----------------|------|------------------------|-----|----|----------------------|-------------------------|-----------------------------|-------|------|------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 0.0      | I         | 1               | 1    | 57.4                   | 0   | 23 | 0                    | 8.2                     | 57.40                       | 0.438 |      | 25.15                                          |                                         |
| 3.0      |           | 2               | 1    | 57.40                  | 0   | 23 | 3                    | 8.2                     | 82.00                       | 0.438 |      | 35.92                                          |                                         |
| 3.0      | II        | 2               | 2    | 82.00                  | 0   | 31 | 3                    | 6.4                     | 101.20                      | 0.320 |      | 32.39                                          |                                         |
| 6.0      |           | 3               | 2    | 101.20                 | 0   | 31 | 3                    | 6.4                     | 120.40                      | 0.320 |      | 38.54                                          |                                         |
| 6.0      | III       | 3               | 3    | 120.40                 | 100 | 20 | 3                    | 7.9                     | 144.10                      | 0.490 |      | -69.39                                         |                                         |
| 8.0      |           | 4               | 3    | 144.10                 | 100 | 20 | 2                    | 7.9                     | 159.90                      | 0.490 |      | -61.64                                         |                                         |
|          |           | dlbawah titik 4 |      |                        |     |    |                      |                         |                             |       |      |                                                |                                         |
| 8.0      | IV        | 0 meter         | 3    | 144.10                 | 100 | 20 | 2                    | 7.9                     | 159.90                      | 0.490 |      | -61.64                                         |                                         |
| Do       |           | Do              | 3    | 159.90                 | 100 | 20 | Do                   | 7.9                     | 7.9 Do + 159.9              | 0.490 |      | 3.871 Do - 61.6905                             |                                         |
|          |           |                 | 3    |                        |     |    |                      |                         |                             |       |      |                                                |                                         |
| 0.0      | VII       | 0 meter         | 3    | 0                      | 100 | 20 | 0                    | 7.9                     | 0.00                        | 0.490 | 2.04 |                                                | 285.63                                  |
| Do       |           | Do              | 3    | 0.00                   | 100 | 20 | Do                   | 7.9                     | 7.9 Do                      | 0.490 | 2.04 |                                                | 16.116 Do + 285.65                      |
| 0.0      | AIR AKTIF | 1               |      | 0                      |     |    | 0                    | 10                      | 0                           | 1     |      | 0                                              |                                         |
| Do + 8   |           |                 |      | 0                      |     |    | Do + 8               | 10                      | 10 Do + 80                  | 1     |      | 10 Do + 80                                     |                                         |
| 0.0      | AIR PASIF | 4               |      | 0                      |     |    | 0                    | 10                      | 0                           |       | 1    |                                                | 0                                       |
| Do       |           |                 |      | 0                      |     |    | Do                   | 10                      | 10 Do                       |       | 1    |                                                | 10 Do                                   |

| Tebal<br>lapisan (m) | Bentuk          | Y<br>(m) | B<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | Koef | Pa<br>(kN/m)                    | Pp<br>(kN/m)          |
|----------------------|-----------------|----------|---------------------------|------|---------------------------------|-----------------------|
| 3.0                  | persegi panjang | 3.0      | 25.15                     | 1    | 75.44                           |                       |
| 3.0                  | segitiga        | 3.0      | 10.78                     | 0.5  | 16.17                           |                       |
| 3.0                  | persegi panjang | 3.0      | 32.39                     | 1    | 97.18                           |                       |
| 3.0                  | segitiga        | 3.0      | 6.15                      | 0.5  | 9.22                            |                       |
| 2.0                  | persegi panjang | 2.0      | 0.00                      | 1    | 0.00                            |                       |
| 2.0                  | segitiga        | 2.0      | 0.00                      | 0.5  | 0.00                            |                       |
|                      |                 |          |                           |      |                                 |                       |
| Do                   | persegi panjang | Do       | 0.00                      | 1    | 0.00                            |                       |
| Do                   | segitiga        | Do       | 3.871 Do - 61.6905        | 0.5  | 0.00                            |                       |
|                      |                 |          |                           |      |                                 |                       |
| Do                   | persegi panjang | Do       | 285.63                    | 1    |                                 | 285.63 Do             |
| Do                   | segitiga        | Do       | 16.116 Do                 | 0.5  |                                 | 8.058 Do <sup>2</sup> |
|                      |                 |          |                           |      |                                 |                       |
| 0.0                  |                 |          |                           |      |                                 |                       |
| Do + 8               | segitiga        | Do + 8   | 10 Do + 80                | 0.5  | 5 Do <sup>2</sup> + 80 Do + 320 |                       |
| 0.0                  |                 |          |                           |      |                                 |                       |
| Do                   | segitiga        | Do       | 10 Do                     | 0.5  |                                 | 5 Do <sup>2</sup>     |

**AKTIF**

| Ket   | Pai (kN)                          | Ph lengan (m) | l atau -l  | Ph momen (kN.m)                                                  |
|-------|-----------------------------------|---------------|------------|------------------------------------------------------------------|
| Pal1  | 75.44                             | 6.5+Do        | 1          | 75.44 Do + 490.36                                                |
| Pal2  | 16.17                             | 6+Do          | 1          | 16.17 Do + 97.02                                                 |
| Pal1  | 97.18                             | 3.5+Do        | 1          | 97.18 Do + 340.13                                                |
| Pal2  | 9.22                              | 3+Do          | 1          | 21.03 Do + 63.09                                                 |
| Pal11 | 0.00                              | 1+Do          | 1          | 0.00                                                             |
| Pal12 | 0.00                              | 2/3+Do        | 1          | 0.00                                                             |
| PalV1 | 0.00                              | 0.5*Do        | 1          | 0.00                                                             |
| PalV2 | 0.00                              | 1/3*Do        | 1          | 0.00                                                             |
| Pa w  | 5 Do <sup>2</sup> + 80 Do + 320   | (1/3)*Do+8/3  | 1          | 5/3 Do <sup>3</sup> + 48/3 Do <sup>2</sup> + 384/3 Do + 2560/3   |
| Σ     | 5Do <sup>2</sup> + 80 Do + 518.01 |               | arah momen | 5/3 Do <sup>3</sup> + 48/3 Do <sup>2</sup> + 337.82 Do + 1843.93 |

**PASIF**

| Ket  | Ppi (kN)                       | Ph lengan (m) | l atau -l  | Ph momen (kN.m)                                  |
|------|--------------------------------|---------------|------------|--------------------------------------------------|
| Pp1  | 285.63 Do                      | 0.5*Do        | -1         | - 142.815*Do <sup>2</sup>                        |
| Pp2  | 8.058 Do <sup>2</sup>          | (1/3)*Do      | -1         | - 8/3*Do <sup>3</sup>                            |
| Pp w | 5 Do <sup>2</sup>              | (1/3)*Do      | -1         | - 5/3*Do <sup>3</sup>                            |
| Σ    | 13 Do <sup>2</sup> + 285.63 Do |               | arah momen | - 13/3 Do <sup>3</sup> - 142.815 Do <sup>2</sup> |

| z   | Lapisan   | Point           | Soil | q (kN/m2) | c   | Ø  | Tebal lapisan (m) | Y' (kN/m <sup>3</sup> ) | σ'v (kN/m <sup>2</sup> ) | Ka    | Kp   | σ <sub>10</sub> hitung (kN/m <sup>2</sup> ) | σ <sub>10</sub> (kN/m <sup>2</sup> ) |
|-----|-----------|-----------------|------|-----------|-----|----|-------------------|-------------------------|--------------------------|-------|------|---------------------------------------------|--------------------------------------|
| 0.0 | I         | 1               | 1    | 57.4      | 0   | 23 | 0                 | 8.2                     | 57.40                    | 0.438 |      | 25.15                                       |                                      |
| 3.0 |           |                 |      |           |     |    |                   |                         |                          |       |      |                                             |                                      |
| 3.0 | II        | 2               | 2    | 82.00     | 0   | 31 | 3                 | 8.2                     | 82.00                    | 0.438 |      | 35.92                                       |                                      |
| 6.0 |           |                 |      |           |     |    |                   |                         |                          |       |      |                                             |                                      |
| 6.0 | III       | 3               | 3    | 101.20    | 0   | 31 | 3                 | 6.4                     | 101.20                   | 0.320 |      | 32.39                                       |                                      |
|     |           |                 |      |           |     |    |                   |                         |                          |       |      |                                             |                                      |
| 6.0 |           |                 |      | 120.40    | 100 | 20 | 3                 | 7.9                     | 120.40                   | 0.320 |      | 38.54                                       |                                      |
| 8.0 |           |                 |      | 144.10    | 100 | 20 | 3                 | 7.9                     | 144.10                   | 0.490 |      | -69.39                                      |                                      |
|     |           |                 |      | 144.10    | 100 | 20 | 2                 | 7.9                     | 159.90                   | 0.490 |      | -61.64                                      |                                      |
|     |           | dibawah titik 4 |      |           |     |    |                   |                         |                          |       |      |                                             |                                      |
| 8.0 | IV        | 0meter          | 3    | 144.10    | 100 | 20 | 2                 | 7.9                     | 159.90                   | 0.490 |      | -61.64                                      |                                      |
| Do  |           |                 |      |           |     |    |                   |                         |                          |       |      |                                             |                                      |
|     |           |                 | 3    | 159.90    | 100 | 20 | Do                | 7.9                     | 7.9 Do + 159.9           | 0.490 |      | 3.871 Do - 61.6905                          |                                      |
|     |           |                 | 3    |           |     |    |                   |                         |                          |       |      |                                             |                                      |
| 0.0 | VII       | 0meter          | 3    | 0         | 100 | 20 | 0                 | 7.9                     | 0.00                     | 0.490 | 2.04 |                                             | 285.63                               |
| Do  |           |                 |      |           |     |    |                   |                         |                          |       |      |                                             |                                      |
|     |           |                 | 3    | 0.00      | 100 | 20 | Do                | 7.9                     | 7.9 Do                   | 0.490 | 2.04 |                                             | 16.116 Do + 285.65                   |
|     |           |                 |      |           |     |    |                   |                         |                          |       |      |                                             |                                      |
| 0.0 | AIR AKTIF | 1               |      | 0         |     |    | 0                 | 10                      | 0                        | 1     |      | 0                                           |                                      |
| Do  |           |                 |      |           | 0   |    |                   | Do                      | 10                       | 10 Do | 1    |                                             | 10 Do                                |
| 0.0 | AIR PASIF | 4               |      | 0         |     |    | 0                 | 10                      | 0                        |       | 1    |                                             | 0                                    |
| Do  |           |                 |      |           | 0   |    |                   | Do                      | 10                       | 10 Do |      | 1                                           |                                      |

| Tebal<br>lapisan (m) | V<br>(m) | B<br>(kN/m <sup>2</sup> ) |  | Koef | Pa<br>(kN/m)      |  | Pp<br>(kN/m)          |
|----------------------|----------|---------------------------|--|------|-------------------|--|-----------------------|
|                      |          |                           |  |      |                   |  |                       |
| 3.0                  | 3.0      | 25.15                     |  | 1    | 75.44             |  |                       |
| 3.0                  | 3.0      | 10.78                     |  | 0.5  | 16.17             |  |                       |
| 3.0                  | 3.0      | 32.39                     |  | 1    | 97.18             |  |                       |
| 3.0                  | 3.0      | 6.15                      |  | 0.5  | 9.22              |  |                       |
| 2.0                  | 2.0      | 0.00                      |  | 1    | 0.00              |  |                       |
| 2.0                  | 2.0      | 0.00                      |  | 0.5  | 0.00              |  |                       |
|                      |          |                           |  |      |                   |  |                       |
| Do                   | Do       | 0.00                      |  | 1    | 0.00              |  |                       |
| Do                   | Do       | 3.871 Do - 61.6905        |  | 0.5  | 0.00              |  |                       |
|                      |          |                           |  |      |                   |  |                       |
| Do                   | Do       | 285.63                    |  | 1    |                   |  | 285.63 Do             |
| Do                   | Do       | 16.116 Do                 |  | 0.5  |                   |  | 8.058 Do <sup>2</sup> |
|                      |          |                           |  |      |                   |  |                       |
| 0.0                  |          |                           |  |      |                   |  |                       |
| Do                   | Do       | 10 Do                     |  | 0.5  | 5 Do <sup>2</sup> |  |                       |
| 0.0                  |          |                           |  |      |                   |  |                       |
| Do                   | Do       | 10 Do                     |  | 0.5  |                   |  | 5 Do <sup>2</sup>     |



## AKTIF

| Ket      | Pai (kN) | Ph lengan (m) | 1 atau -1  | Ph momen (kN.m)   |
|----------|----------|---------------|------------|-------------------|
| Pai1     | 75.44    | 6.5+Do        | 1          | 75.44 Do + 490.36 |
| Pai2     | 16.17    | 6+Do          | 1          | 16.17 Do + 97.02  |
| Pai11    | 97.18    | 3.5+Do        | 1          | 97.18 Do + 340.13 |
| Pai12    | 9.22     | 3+Do          | 1          | 21.03 Do + 63.09  |
| Pai111   | 0.00     | 1+Do          | 1          | 0.00              |
| Pai112   | 0.00     | 2/3+Do        | 1          | 0.00              |
| PaiV1    | 0.00     | 0.5*Do        | 1          | 0.00              |
| PaiV2    | 0.00     | 1/3*Do        | 1          | 0.00              |
| $\Sigma$ | 198      |               | arah momen | 209.82 Do + 990.6 |

## PASIF

| Ket      | Ppi (kN)   | Ph lengan (m) | 1 atau -1  | Ph momen (kN.m)           |
|----------|------------|---------------|------------|---------------------------|
| Pp1      | 285.63 Do  | 0.5*Do        | -1         | - 142.815*Do^2            |
| Pp2      | 8.058 Do^2 | (1/3)*Do      | -1         | - 8/3*Do^3                |
| $\Sigma$ | 1030.33    |               | arah momen | - 8/3 Do^3 - 142.815 Do^2 |

## **LAMPIRAN 6**

### **PERHITUNGAN GROUND ANCHOR**

### Tanpa menggunakan subdrain

| Mresisten<br>(kNm) | SF<br>lapangan | Mdorong<br>(kNm) | Mres<br>rencana<br>(kNm) | $\Delta$ MR<br>(kNm) | Jarak<br>pasang<br>(meter) | $\Delta$ MR<br>aktual<br>(kNm) | R<br>(meter) | N<br>(kN) | $\beta$ | P<br>(kN) | P 1<br>angkur<br>(kN) | Panjang<br>grouting<br>(meter) |
|--------------------|----------------|------------------|--------------------------|----------------------|----------------------------|--------------------------------|--------------|-----------|---------|-----------|-----------------------|--------------------------------|
| 5129               | 0.55           | 9325.45          | 8477.69                  | 3348.69              | 2                          | 6697.37                        | 13.11        | 850.21    | 8       | 858.57    | 429.28                | 9.00                           |
| 7216.4             | 0.67           | 10770.75         | 9791.59                  | 2575.19              | 2                          | 5150.38                        | 13.8         | 621.14    | 8       | 627.24    | 313.62                | 7.00                           |
| 4277.8             | 0.71           | 6025.07          | 5477.34                  | 1199.54              | 2                          | 2399.07                        | 9.69         | 412.05    | 8       | 416.10    | 208.05                | 5.00                           |
| 12453              | 0.81           | 15374.07         | 13976.43                 | 1523.43              | 2                          | 3046.86                        | 16.14        | 314.18    | 8       | 317.27    | 158.63                | 4.00                           |

### Dengan menggunakan subdrain

| Mresisten<br>(kNm) | SF<br>lapangan | Mdorong<br>(kNm) | Mres<br>rencana<br>(kNm) | $\Delta$ MR<br>(kNm) | Jarak<br>pasang<br>(meter) | $\Delta$ MR<br>aktual<br>(kNm) | R<br>(meter) | N<br>(kN) | $\beta$ | P<br>(kN) | P 1<br>angkur<br>(kN) | Panjang<br>grouting<br>(meter) |
|--------------------|----------------|------------------|--------------------------|----------------------|----------------------------|--------------------------------|--------------|-----------|---------|-----------|-----------------------|--------------------------------|
| 4170.5             | 0.55           | 7582.73          | 6893.39                  | 2722.89              | 2                          | 5445.78                        | 11.33        | 799.94    | 8       | 807.80    | 403.90                | 8.00                           |
| 3275               | 0.67           | 4888.06          | 4443.69                  | 1168.69              | 2                          | 2337.38                        | 8.86         | 439.06    | 8       | 443.37    | 221.69                | 5.00                           |
| 1852               | 0.71           | 2608.45          | 2371.32                  | 519.32               | 2                          | 1038.64                        | 6.32         | 273.51    | 8       | 276.20    | 138.10                | 3.00                           |
| 9047               | 0.82           | 11032.93         | 10029.93                 | 982.93               | 2                          | 1965.87                        | 13.31        | 245.81    | 8       | 248.23    | 124.11                | 3.00                           |

**LAMPIRAN 7**  
**PERHITUNGAN KOMBINASI SOLDIER PILE**  
**DAN GROUND ANCHOR**

| z      | Lapisan   | Poinit | Soil | q (kN/m2) | c   | Ø  | Tebal lapisan (m) | $\gamma'$ (kN/m <sup>3</sup> ) | $\sigma'_v$ (kN/m <sup>2</sup> ) | Ka    | Kp                 | $\sigma_{hs}$ hitung (kN/m <sup>2</sup> ) | $\sigma_{hp}$ (kN/m <sup>2</sup> ) |
|--------|-----------|--------|------|-----------|-----|----|-------------------|--------------------------------|----------------------------------|-------|--------------------|-------------------------------------------|------------------------------------|
| 0.0    | I         | 1      | 1    | 57.4      | 0   | 23 | 0                 | 8.2                            | 57.40                            | 0.438 |                    | 25.15                                     |                                    |
| 3.0    |           |        |      | 57.40     | 0   | 23 | 3                 | 8.2                            | 82.00                            | 0.438 |                    | 35.92                                     |                                    |
| 6.0    | II        | 2      | 2    | 82.00     | 0   | 31 | 3                 | 6.4                            | 101.20                           | 0.320 |                    | 32.39                                     |                                    |
| 6.0    |           |        |      | 101.20    | 0   | 31 | 3                 | 6.4                            | 120.40                           | 0.320 |                    | 38.54                                     |                                    |
| 6.0    | III       | 3      | 3    | 120.40    | 100 | 20 | 3                 | 7.9                            | 144.10                           | 0.490 |                    | -69.39                                    |                                    |
| 8.0    |           |        |      | 144.10    | 100 | 20 | 2                 | 7.9                            | 159.90                           | 0.490 |                    | -61.64                                    |                                    |
| 8.0    | IV        | 4      | 3    | 144.10    | 100 | 20 | 2                 | 7.9                            | 159.90                           | 0.490 |                    | -61.64                                    |                                    |
| Do     |           |        |      | 159.90    | 100 | 20 | Do                | 7.9                            | 7.9 Do + 159.9                   | 0.490 | 3.871 Do - 61.6905 |                                           |                                    |
| 0.0    | VII       | 0meter | 3    | 0         | 100 | 20 | 0                 | 7.9                            | 0.00                             | 0.490 | 2.04               |                                           | 285.63                             |
| Do     |           |        |      | 0.00      | 100 | 20 | Do                | 7.9                            | 7.9 Do                           | 0.490 | 2.04               |                                           | 16.116 Do + 285.63                 |
| 0.0    | AIR AKTIF | 1      |      | 0         |     |    | 0                 | 10                             | 0                                | 1     |                    | 0                                         |                                    |
| Do + 8 |           |        |      | 0         |     |    | Do + 8            | 10                             | 10 Do + 80                       | 1     |                    | 10 Do + 80                                |                                    |
| 0.0    | AIR PASIF | 4      |      | 0         |     |    | 0                 | 10                             | 0                                |       | 1                  |                                           | 0                                  |
| Do     |           |        |      | 0         |     |    | Do                | 10                             | 10 Do                            |       | 1                  |                                           | 10 Do                              |

| Tebal lapisan (m) | Bentuk          | Y (m)  | B (kN/m <sup>2</sup> ) | Koef | Pa (kN/m)                       | Pp (kN/m)             |
|-------------------|-----------------|--------|------------------------|------|---------------------------------|-----------------------|
| 3.0               | persegi panjang | 3.0    | 25.15                  | 1    | 75.44                           |                       |
| 3.0               | segitiga        | 3.0    | 10.78                  | 0.5  | 16.17                           |                       |
| 3.0               | persegi panjang | 3.0    | 32.39                  | 1    | 97.18                           |                       |
| 3.0               | segitiga        | 3.0    | 6.15                   | 0.5  | 9.22                            |                       |
| 2.0               | persegi panjang | 2.0    | 0.00                   | 1    | 0.00                            |                       |
| 2.0               | segitiga        | 2.0    | 0.00                   | 0.5  | 0.00                            |                       |
|                   |                 |        |                        |      |                                 |                       |
| Do                | persegi panjang | Do     | 0.00                   | 1    | 0.00                            |                       |
| Do                | segitiga        | Do     | 3.871 Do - 61.6905     | 0.5  | 0.00                            |                       |
|                   |                 |        |                        |      |                                 |                       |
| Do                | persegi panjang | Do     | 285.63                 | 1    |                                 | 285.63 Do             |
| Do                | segitiga        | Do     | 16.116 Do              | 0.5  |                                 | 8.058 Do <sup>2</sup> |
|                   |                 |        |                        |      |                                 |                       |
| 0.0               |                 |        |                        |      |                                 |                       |
| Do + 8            | segitiga        | Do + 8 | 10 Do + 80             | 0.5  | 5 Do <sup>2</sup> + 80 Do + 320 |                       |
| 0.0               |                 |        |                        |      |                                 |                       |
| Do                | segitiga        | Do     | 10 Do                  | 0.5  |                                 | 5 Do <sup>2</sup>     |

## AKTIF

| Ket      | Pai (kN)                   | Ph lengan (m) | l atau -l  | Ph momen (kN.m)                                                |
|----------|----------------------------|---------------|------------|----------------------------------------------------------------|
| PaI1     | 75.44                      | 1.50          | -1         | -113.16                                                        |
| PaI2     | 16.17                      | 1.00          | -1         | -16.17                                                         |
| PaII1    | 97.18                      | 1.50          | 1          | 145.77                                                         |
| PaII2    | 9.22                       | 2.00          | 1          | 18.44                                                          |
| PaIII1   | 0.00                       | 4+Do          | 1          | 0.00                                                           |
| PaIII2   | 0.00                       | 11/3+Do       | 1          | 0.00                                                           |
| PaIV1    | 0.00                       | 5+0.5*Do      | 1          | 0.00                                                           |
| PaIV2    | 0.00                       | 5+2/3*Do      | 1          | 0.00                                                           |
| Paw      | 5 Do <sup>2</sup> + 40     | 16/3 - 1/3Do  | 1          | - 5/3 Do <sup>3</sup> + 80/3 Do <sup>2</sup> - 40/3 Do + 640/3 |
| $\Sigma$ | 5 Do <sup>2</sup> + 198.01 |               | arah momen | - 5/3 Do <sup>3</sup> + 80/3 Do <sup>2</sup> - 40/3 Do + 84.01 |

## PASIF

| Ket      | Ppi (kN)                      | Ph lengan (m) | l atau -l  | Ph momen (kN.m)                                               |
|----------|-------------------------------|---------------|------------|---------------------------------------------------------------|
| Pp1      | 285.63 Do                     | 0.5*Do + 5    | -1         | - 142.815 Do <sup>2</sup> - 1428.15 Do                        |
| Pp2      | 8.058 Do <sup>2</sup>         | 1/3*Do + 5    | -1         | 8/3 Do <sup>3</sup> + 40                                      |
| Pp w     | 5 Do <sup>2</sup>             | (2/3)*Do + 5  | -1         | - 10/3 Do <sup>3</sup> - 25 Do <sup>2</sup>                   |
| $\Sigma$ | 8 Do <sup>2</sup> + 285.63 Do |               | arah momen | - 16/3 Do <sup>3</sup> - 182.815 Do <sup>2</sup> - 1428.15 Do |

| z   | Lapisan   | Point           | Soil | q (kN/m2) | c   | Ø  | Tebal lapisan (m) | γ' (kN/m <sup>3</sup> ) | σ'v (kN/m <sup>2</sup> ) | Ka    | Kp                 | σhs hitung (kN/m <sup>2</sup> ) | σhs (kN/m <sup>2</sup> ) |
|-----|-----------|-----------------|------|-----------|-----|----|-------------------|-------------------------|--------------------------|-------|--------------------|---------------------------------|--------------------------|
| 0.0 | I         | 1               | 1    | 57.4      | 0   | 23 | 0                 | 8.2                     | 57.40                    | 0.438 |                    | 25.15                           |                          |
| 3.0 |           |                 |      |           |     |    |                   |                         |                          |       |                    |                                 |                          |
| 3.0 | II        | 2               | 2    | 82.00     | 0   | 31 | 3                 | 6.4                     | 101.20                   | 0.320 |                    | 32.39                           |                          |
| 6.0 |           |                 |      |           |     |    |                   |                         |                          |       |                    |                                 |                          |
| 6.0 | III       | 3               | 3    | 101.20    | 0   | 31 | 3                 | 6.4                     | 120.40                   | 0.320 |                    | 38.54                           |                          |
| 6.0 |           |                 |      |           |     |    |                   |                         |                          |       |                    |                                 |                          |
| 8.0 |           | 4               |      | 120.40    | 100 | 20 | 3                 | 7.9                     | 144.10                   | 0.490 |                    | -69.39                          |                          |
|     |           | atas            |      | 144.10    | 100 | 20 | 2                 | 7.9                     | 159.90                   | 0.490 |                    | -61.64                          |                          |
|     |           | dibawah titik 4 |      |           |     |    |                   |                         |                          |       |                    |                                 |                          |
| 8.0 | IV        | 0 meter         | 3    | 144.10    | 100 | 20 | 2                 | 7.9                     | 159.90                   | 0.490 |                    | -61.64                          |                          |
| Do  |           | Do              | 3    | 159.90    | 100 | 20 | Do                | 7.9                     | 7.9 Do + 159.9           | 0.490 | 3.871 Do - 61.6905 |                                 |                          |
|     |           |                 | 3    |           |     |    |                   |                         |                          |       |                    |                                 |                          |
| 0.0 | VII       | 0 meter         | 3    | 0         | 100 | 20 | 0                 | 7.9                     | 0.00                     | 0.490 | 2.04               |                                 | 285.63                   |
| Do  |           | Do              | 3    | 0.00      | 100 | 20 | Do                | 7.9                     | 7.9 Do                   | 0.490 | 2.04               |                                 | 16.116 Do + 285.63       |
|     |           |                 |      |           |     |    |                   |                         |                          |       |                    |                                 |                          |
| 0.0 | AIR AKTIF | 1               |      | 0         |     |    | 0                 | 10                      | 0                        | 1     |                    | 0                               |                          |
| Do  |           |                 |      |           | 0   |    |                   | Do                      | 10                       | 10 Do | 1                  |                                 | 10 Do                    |
| 0.0 | AIR PASIF | 4               |      | 0         |     |    | 0                 | 10                      | 0                        |       | 1                  |                                 | 0                        |
| Do  |           |                 |      |           | 0   |    |                   | Do                      | 10                       | 10 Do | 1                  |                                 | 10 Do                    |



| Tebal<br>lapisan (m) | y<br>(m) | B<br>(kN/m <sup>2</sup> ) |  | Koef | Pa<br>(kN/m)      |  | Pp<br>(kN/m)          |
|----------------------|----------|---------------------------|--|------|-------------------|--|-----------------------|
|                      |          |                           |  |      |                   |  |                       |
| 3.0                  | 3.0      | 25.15                     |  | 1    | 75.44             |  |                       |
| 3.0                  | 3.0      | 10.78                     |  | 0.5  | 16.17             |  |                       |
| 3.0                  | 3.0      | 32.39                     |  | 1    | 97.18             |  |                       |
| 3.0                  | 3.0      | 6.15                      |  | 0.5  | 9.22              |  |                       |
| 2.0                  | 2.0      | 0.00                      |  | 1    | 0.00              |  |                       |
| 2.0                  | 2.0      | 0.00                      |  | 0.5  | 0.00              |  |                       |
|                      |          |                           |  |      |                   |  |                       |
| Do                   | Do       | 0.00                      |  | 1    | 0.00              |  |                       |
| Do                   | Do       | 3.871 Do - 61.6905        |  | 0.5  | 0.00              |  |                       |
|                      |          |                           |  |      |                   |  |                       |
| Do                   | Do       | 285.63                    |  | 1    |                   |  | 285.63 Do             |
| Do                   | Do       | 16.116 Do                 |  | 0.5  |                   |  | 8.058 Do <sup>2</sup> |
|                      |          |                           |  |      |                   |  |                       |
| 0.0                  |          |                           |  |      |                   |  |                       |
| Do                   | Do       | 10 Do                     |  | 0.5  | 5 Do <sup>2</sup> |  |                       |
| 0.0                  |          |                           |  |      |                   |  |                       |
| Do                   | Do       | 10 Do                     |  | 0.5  |                   |  | 5 Do <sup>2</sup>     |

## AKTIF

| Ket      | Pai (kN) | Ph lengan (m) | 1 atau -1  | Ph momen (kN.m) |
|----------|----------|---------------|------------|-----------------|
| Pal1     | 75.44    | 1.50          | -1         | -113.16         |
| Pal2     | 16.17    | 1.00          | -1         | -16.17          |
| PalI1    | 97.18    | 1.50          | 1          | 145.77          |
| PalI2    | 9.22     | 2.00          | 1          | 18.44           |
| PalII1   | 0.00     | 4+Do          | 1          | 0.00            |
| PalII2   | 0.00     | 11/3+Do       | 1          | 0.00            |
| PalIV1   | 0.00     | 5+0.5*Do      | 1          | 0.00            |
| PalIV2   | 0.00     | 5+2/3*Do      | 1          | 0.00            |
| $\Sigma$ | 198      |               | arah momen | 34.89           |

## PASIF

| Ket      | Ppi (kN)                      | Ph lengan (m)  | 1 atau -1  | Ph momen (kN.m)                                               |
|----------|-------------------------------|----------------|------------|---------------------------------------------------------------|
| Pp1      | 285.63 Do                     | $0.5*Do + 5$   | -1         | -142.815 Do <sup>2</sup> - 1428.15 Do                         |
| Pp2      | 8.058 Do <sup>2</sup>         | $(2/3)*Do + 5$ | -1         | - 16/3 Do <sup>3</sup> - 40 Do <sup>2</sup>                   |
| $\Sigma$ | 8 Do <sup>2</sup> + 285.63 Do |                | arah momen | - 16/3 Do <sup>3</sup> - 182.815 Do <sup>2</sup> - 1428.15 Do |

## **LAMPIRAN 8**

### **PERHITUNGAN BIAYA**

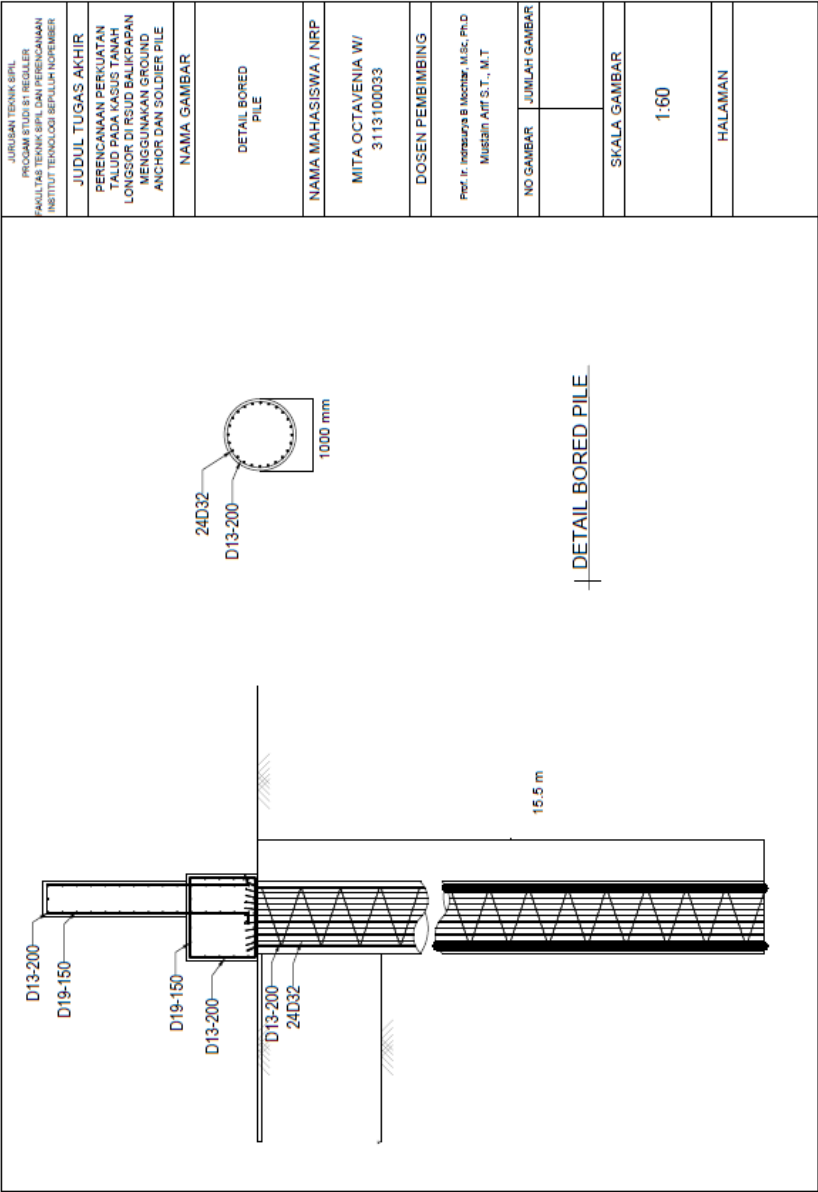
| SUBDRAIN   |             |           |             |        |           |                  |
|------------|-------------|-----------|-------------|--------|-----------|------------------|
| Bronjong   | Panjang (m) | Tebal (m) | Volume (m3) | Jumlah | Harga /m3 | Harga Total      |
|            | 18          | 0.4       | 2.88        | 69     | 500000    | 99360000         |
|            |             |           |             |        |           |                  |
| Geotextile | Panjang (m) | Tebal (m) | Luas (m2)   | Jumlah | Harga /m3 | Harga Total      |
|            | 18          | 0.7       | 12.6        | 69     | 15000     | 13041000         |
| Total      |             |           |             |        |           | Rp 112.401.000,- |

| PERKUATAN DENGAN SOLDIER PILE |        |              |             |             |              |          |             |                 |                    |
|-------------------------------|--------|--------------|-------------|-------------|--------------|----------|-------------|-----------------|--------------------|
| Beton                         | Jumlah | Diameter (m) | Panjang (m) | Volume (m3) | Jumlah Total | Harga/m3 | Harga Total |                 |                    |
| Tanpa subdrain                | 1      | 1            | 15.5        | 12.18       | 69           | 1050000  | 882337500   |                 |                    |
| Dengan subdrain               | 1      | 0.7          | 13          | 5.005       | 69           | 1050000  | 362612250   |                 |                    |
|                               |        |              |             |             |              |          |             |                 |                    |
| Tulangan Utama                | Jumlah | Diameter (m) | Panjang (m) | Volume (m3) | Berat (kg)   | Harga/kg | Harga Total |                 |                    |
| Tanpa subdrain                | 24     | 0.032        | 15.5        | 0.299       | 2349.509486  | 69       | 7400        | 1199659543      |                    |
| Dengan subdrain               | 24     | 0.032        | 13          | 0.251       | 1970.556343  | 69       | 7400        | 1006166069      |                    |
|                               |        |              |             |             |              |          |             |                 |                    |
| Sengkang                      | Jumlah | Diameter (m) | Panjang (m) | Volume (m3) | Berat (kg)   | Harga/kg | Harga Total |                 |                    |
| Tanpa subdrain                | 78     | 0.013        | 15.5        | 0.161       | 1260.222739  | 69       | 7400        | 643469731       |                    |
| Dengan subdrain               | 65     | 0.013        | 13          | 0.112       | 880.8008393  | 69       | 7400        | 448736909       |                    |
|                               |        |              |             |             |              |          |             |                 |                    |
| Capping Beam                  |        | Lebar (m)    | Tinggi (m)  | Panjang (m) | Volume (m3)  | Harga/m3 | Harga Total |                 |                    |
| Tanpa subdrain                |        | 1.2          | 1           | 69.000      | 82.8         | 1050000  | 86940000    |                 |                    |
| Dengan subdrain               |        | 1.2          | 1           | 69.000      | 82.8         | 1050000  | 86940000    |                 |                    |
|                               |        |              |             |             |              |          |             | Tanpa subdrain  | Rp 2.812.406.774,- |
|                               |        |              |             |             |              |          |             | Dengan subdrain | Rp 2.017.856.237,- |

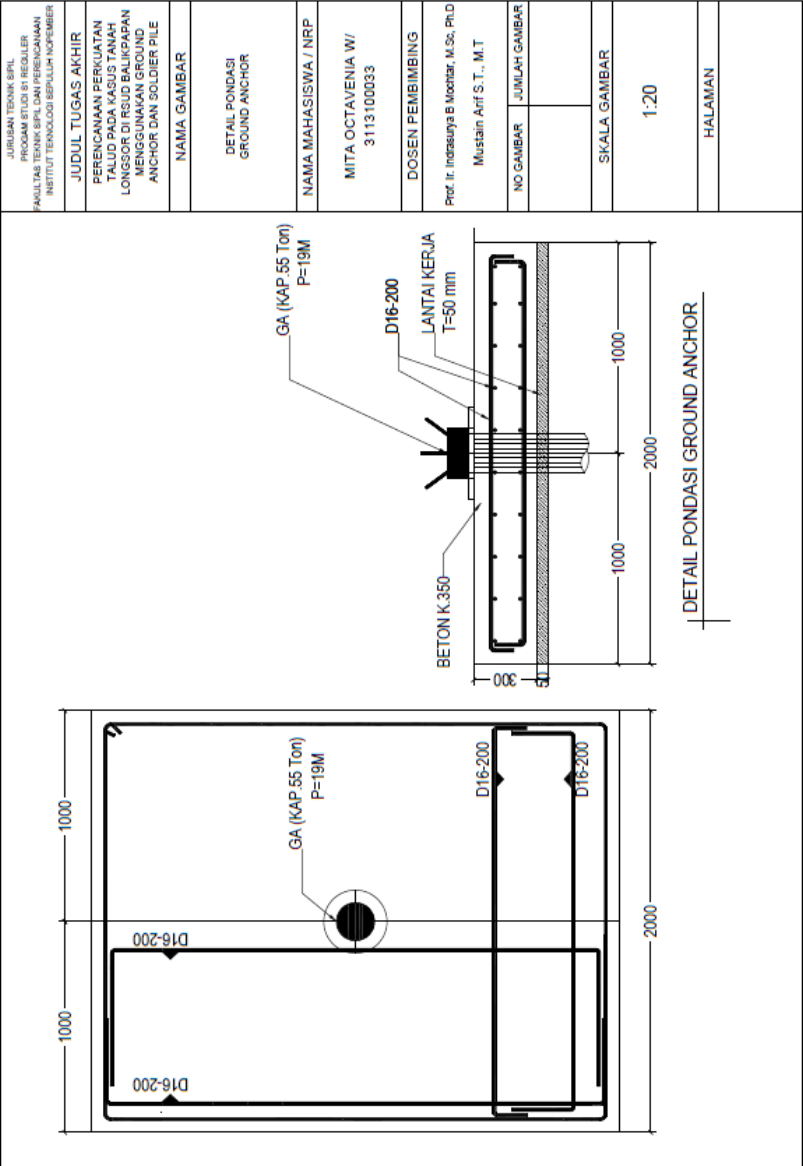
| PERKUATAN DENGAN GROUND ANCHOR |        |                      |                         |                  |                    |
|--------------------------------|--------|----------------------|-------------------------|------------------|--------------------|
| Anchor                         | Jumlah | Panjang Grouting (m) | 1 anchor + stressing    | Jumlah Total (m) | Harga Total        |
| Tanpa subdrain                 | 2      | 9                    | 5000000                 | 34               | 340000000          |
| Dengan subdrain                | 2      | 8                    | 5000000                 | 34               | 340000000          |
|                                |        |                      |                         |                  |                    |
| Pengeboran                     | Jumlah | Panjang Grouting (m) | Biaya Pengeboran/lubang | Jumlah Total (m) | Harga Total        |
| Tanpa subdrain                 | 2      | 9                    | 1500000                 | 34               | 102000000          |
| Dengan subdrain                | 2      | 8                    | 1500000                 | 34               | 102000000          |
|                                |        |                      |                         |                  |                    |
| Grouting                       | Jumlah | Volume Grouting (m3) | Harga Grouting / m3     | Jumlah Total (m) | Harga Total        |
| Tanpa subdrain                 | 2      | 0.283                | 1600000                 | 34               | 15387429           |
| Dengan subdrain                | 2      | 0.251                | 1600000                 | 34               | 13677714           |
|                                |        |                      |                         |                  |                    |
| Pelat Beton                    | Jumlah | Volume (m3)          | Harga / m3              | Jumlah Total (m) | Harga Total        |
| Tanpa subdrain                 | 2      | 1.200                | 1050000                 | 34               | 42840000           |
| Dengan subdrain                | 2      | 1.200                | 1050000                 | 34               | 42840000           |
|                                |        |                      |                         | Tanpa subdrain   | Rp 3.560.227.429,- |
|                                |        |                      |                         | Dengan subdrain  | Rp 3.670.918.714,- |

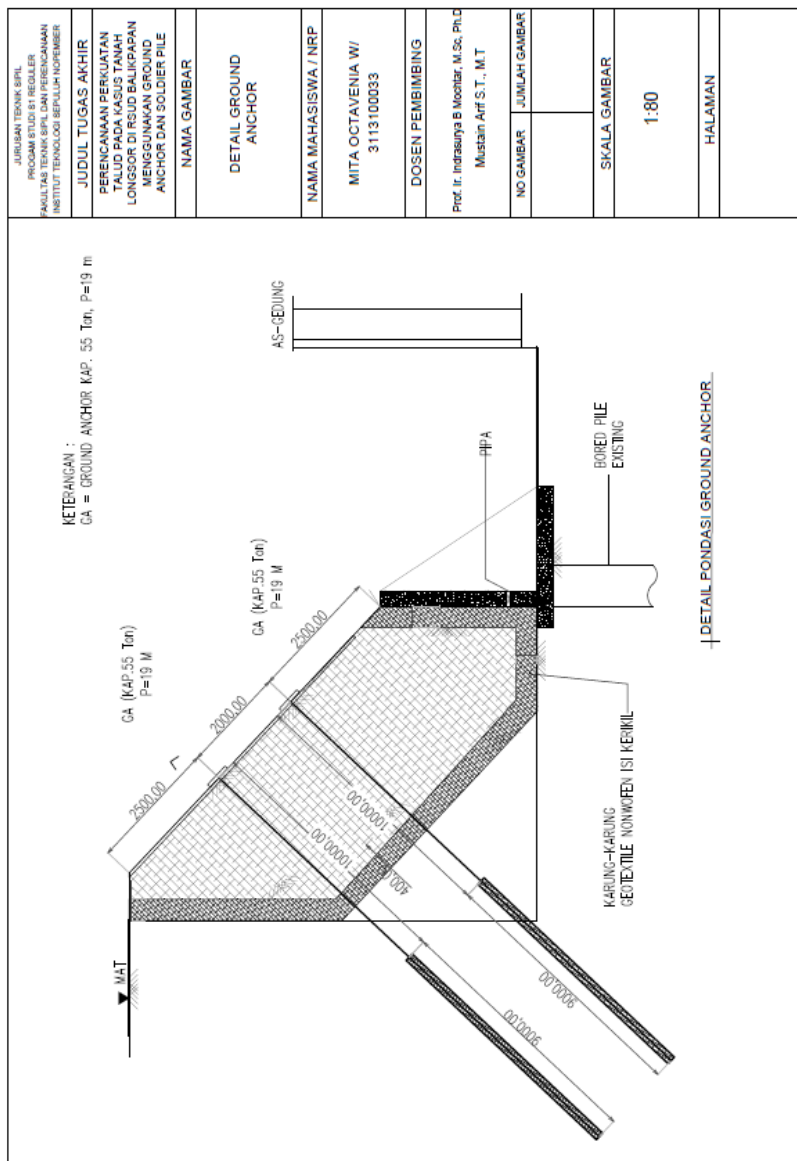
| PERKUATAN KOMBINASI SOLDIER PILE DENGAN GROUND ANCHOR |        |                      |             |             |                  |                         |             |  |                    |
|-------------------------------------------------------|--------|----------------------|-------------|-------------|------------------|-------------------------|-------------|--|--------------------|
| Beton                                                 | Jumlah | Diameter (m)         | Panjang (m) | Volume (m3) | Jumlah Total     | Harga/m3                | Harga Total |  |                    |
| Tanpa subdrain                                        | 1      | 1                    | 9.5         | 7.46        | 69               | 1050000                 | 54079500    |  |                    |
| Tulangan Utama                                        | Jumlah | Diameter (m)         | Panjang (m) | Volume (m3) | Jumlah Total     | Harga/kg                | Harga Total |  |                    |
| Tanpa subdrain                                        | 24     | 0.032                | 9.5         | 0.183       | 69               | 7400                    | 73527504    |  |                    |
| Sengking                                              | Jumlah | Diameter (m)         | Panjang (m) | Volume (m3) | Jumlah Total     | Harga/kg                | Harga Total |  |                    |
| Tanpa subdrain                                        | 48     | 0.013                | 9.5         | 0.061       | 69               | 7400                    | 240698261   |  |                    |
| Capping Beam                                          |        | Lebar (m)            | Tinggi (m)  | Panjang (m) | Volume (m3)      | Harga/m3                | Harga Total |  |                    |
| Tanpa subdrain                                        |        | 1.2                  | 1           | 69          | 82.8             | 1050000                 | 86940000    |  |                    |
| Anchor                                                | Jumlah | Panjang Grouting (m) |             |             | Jumlah Total     | 1 anchor + stressing    | Harga Total |  |                    |
| Tanpa subdrain                                        | 1      | 3                    |             |             | 34               | 50000000                | 1700000000  |  |                    |
| Pengeboran                                            | Jumlah | Panjang Grouting (m) |             |             | Jumlah Total     | Biaya Pengeboran/lubang | Harga Total |  |                    |
| Tanpa subdrain                                        | 1      | 3                    |             |             | 34               | 1500000                 | 51000000    |  |                    |
| Grouting                                              | Jumlah | Volume Grouting (m3) |             |             | Jumlah Total     | Harga Grouting / m3     | Harga Total |  |                    |
| Tanpa subdrain                                        | 1      | 0.094                |             |             | 34               | 1600000                 | 5129143     |  |                    |
| Walling                                               | Jumlah | Berat (kg/m)         | Panjang (m) |             | Berat Total (kg) | Harga / kg              | Harga Total |  |                    |
| Tanpa subdrain                                        | 1      | 32.000               | 69          |             | 2208             | 13733                   | 3032464     |  |                    |
| Total                                                 |        |                      |             |             |                  |                         |             |  | Rp 3.392.152.572,- |

**LAMPIRAN 9**  
**GAMBAR DESAIN PERENCANAAN**  
**ALTERNATIF PERKUATAN**









## BIODATA PENULIS



Penulis lahir di Jember, pada tanggal 28 Oktober 1995 dengan nama lengkap Mita Octavenia Widyawati. Penulis merupakan anak pertama dari 2 bersaudara. Pendidikan formal yang telah ditempuh penulis yaitu TK AL FURQON Jember, SDN Kepatihan 1 Jember, SDN Tahunan 1 Yogyakarta, SMPN 2 Jember, dan SMAN 1 Jember. Setelah lulus dari SMAN 1 Jember, penulis diterima di Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS Surabaya pada tahun 2013 melalui SNMPTN Undangan dan terdaftar dengan NRP 3113100033. Selama kuliah di Jurusan Teknik Sipil ITS, penulis sangat tertarik pada bidang studi Geoteknik terutama pada kasus perkuatan tanah. Oleh karena itu, pada Tugas Akhir ini penulis mengambil topik bahasan mengenai perencanaan perkuatan talud. Penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca serta bagi penulis sendiri. Apabila pembaca ingin berkorespondensi dengan penulis, dapat melalui email: **mita.octavenia@gmail.com**

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*